

Leitfaden

zu Vorlesungen

über

Naturlehre, und angewandte
Mathematik.

Von

THADDAE SIBER,

Professor am Churfürstlichen Lyzeum zu
Pafsau.

Dritte Abtheilung

mit 3 Kupfertafeln.

Pafsau

bey Niklas Ambrosi, 1805.

1813

Nov 10

1813

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Nov 10

Mit dieser dritten Abtheilung ist dieses Werk-
chen vollendet. Ich habe am Ende desselben
wohl nicht mehr Rechenschaft von den Gründen,
die mich zu der Herausgabe desselben bestimmten,
abzulegen. Mein einziger Wunsch ist der, daß
man die gute, und uneigennützigte Absicht, die
mich dabei leitete, nicht mißkennen möchte.
Und wer wird mir diesen Wunsch verargen? —

Was ich in den optischen Wissenschaften
geliefert habe, verdanke ich vorzüglich den Ein-
sichten, und der Freundschaft meines verehrungs-
würdig-

würdigsten Lehrers H. geistl. Rath *Gabriel Knog-*
ler, dem ich hier öffentlich meinen wärmsten
 Dank darbringe.

Die beinahe bloß *historische* Behandlung der
 incoerciblen ausdehnbaren Stoffe wird man mir
 um so leichter vergeben, da der Kampf zwischen
 Atomistik, und Dynamik noch nicht ausgekämpft
 ist, und wohl auch so lange nicht ausgekämpft
 werden wird, bis beide Theile sich in einem
 dritten Wahren vereinigen. — Jetzt schien mir's,
 sey nur erst die Zeit, auf diesen Vereinigungs-
 punkt vorzubereiten, und indeffen das Unbrauch-
 bare wegzuräumen, um für das neue künftige

Gebäude

Gebäude" Platz zu gewinnen. — Mein Wahl-
spruch ist, und bleibt immer der: *Räume wenigst*
die Irrthümer weg, wenn du auch schon keine neue
Wahrheit dafür hinstellen kannst. — *Es ist schon*
etwas, um einen Irrthum weniger zu haben,
und es bleibt ewig wahr, was der verewigte
Lichtenberg sagte: Es ist nichts kleines, zu wissen,
was man nicht wisse.

Dieser Gedanke leitete mich bei der Bear-
beitung meines Leitfadens, und dies ist es, auf
was ich im Vortrage über die Naturlehre hin-
streben zu müssen, glaube.

Glücklich

Glücklich will ich mich dünken, wenn man
diese Absicht in meiner Arbeit nicht verkennen
wird.

Der Verfasser.

Übersicht.

U i b e r s i c h t.

	Seite
<i>Wärme</i>	I
Hypothesen darüber	12
<i>Licht</i>	20
Katoptrik	27
Dioptrik	38
Beugung des Lichtes	62
Optik	66
Mikroskope	72
Fernröhre	78
Teleskope	81
Farbenlicht	84
Theorie des Regenbogens, der Mondshöfe, u. f. w.	88
Hypothesen darüber	94
<i>Elektrischer Stoff</i>	102
Erklärung der gewöhnlichen Instrumente	109
Chemische Wirkungen	116
Athmosphärische Elektrizität	119
Blitz	121
Medizinische Elektrizität	126

Hypo-

VIII

Hypothesen darüber	• • • •	128
<i>Galvanischer Stoff</i>	• • • •	132
Einfacher Apparat	• • • •	133
Volta'sche Säule	• • • •	135
Volta's Theorie	• • • •	138
Anwendung zur Heilkunde	• • • •	140
<i>Magnetischer Stoff</i>	• • • •	141
Phänomene desselben	• • • •	142
Hypothesen darüber	• • • •	145
Thierischer Magnetismus	• • • •	147

P h y s i k

der

incoerciblen ausdehnbaren Stoffe.

W ä r m e.

1. Der erste der sogenannten incoerciblen Stoffe, ist der *Wärmestoff*, der zu verschiedenen Zeiten den Namen Feuer, Wärme, wärmeerzeugender Stoff [Thermogene, Calorique] u. aa. erhalten hat. Man versteht darunter die Ursache der Empfindung, die wir mit dem Namen der *Wärme*, und in einem größern Grade der *Hitze* bezeichnen.
 2. Die Atomistiker, und selbst Dynamiker nahmen diese Ursache der Wärme als materiel an, und denken sich diesen Stoff nun als einfachen, der bald größere, bald kleinere Verwandtschaft zu den Dingen der Sinnenwelt hat, und bald im gebundenen, bald im freien Zustande da ist.
- Zusatz.* Der Grad der Wirkung des freien Wärmestoffes heisst *Temperatur*.
3. Jemehr ein Körper Verwandtschaft zu diesem Stoff hat, desto fester wird er in ihm gebunden seyn, oder wie man's nennt, desto mehr *Kapazität* hat der Körper.

Zusatz 1.

Zusatz 1. *Ritter* stellt für die Metalle das Gesetz auf, daß sich ihre Wärmekapazität C verhalte, gerade wie ihre Kohäsion X , und umgekehrt, wie ihre Entfernung vom Schmelzgrade N ,

oder daß $C = \frac{X}{N}$. Für flüssige Körper,

setzt *Wagner* hinzu, ließe sich das ähnliche Gesetz aufstellen, daß sich ihre Kapazität C verhalte, gerade wie ihre Flüssigkeit F , und umgekehrt, wie ihre Entfernung vom Sied-

punkt N , oder $C = \frac{F}{N}$.

Zusatz 2. Daß die Kapazität im umgekehrten Verhältniß der Temperatur [2. Zuf.] stehe, sieht man leicht ein.

4. In der Voraussetzung, daß es so einen materiellen Wärmestoff gebe, sind seine beobachtete Wirkungen, daß a) er alle Körper *ausdehnt*. Eine eiserne Kugel, die kalt durch einen genau passenden Ring fiel, bleibt erhitzt auf demselben liegen — Metalle verlängern sich durch Erwärmung — tropfbare Flüssigkeiten auf heißen Stein gegossen dehnen sich zu Dämpfen aus, u. s. w.

5. Die Ursache dieser Ausdehnung glaubte man darin zu finden, daß der Wärmestoff zwischen die Theile des Körpers trete, und ihn um so
mehr

mehr auseinander drücke, je größer die Quantität desselben ist. — Würde man nicht besser sagen, er vermehre die Elastizität des Körpers, wofür die Erfahrung hinreichend spricht? Aber dann muß die Ursache davon, um sich nicht mit *Lavoisier* in einem Kreise zu verlihren, in der Veränderung des Verhältnisses der Grundkräfte, also auch in einer chemischen Durchdringung des Körpers, und des Wärmestoffes gesucht werden. Dafür scheint, z. B. der Uibergang des Eises zu Wasser, Dampf- Dunst- und Gasarten [lauter spezifisch von einander verschiedene Dinge] zu sprechen.

6. Indessen werden nicht alle Körper gleich stark durch den Wärmestoff ausgedehnt. So wird Luft mehr, und geschwinder, als Quecksilber, dieses mehr als Weingeist ausgedehnt. Diese Verschiedenheit der Ausdehnung hat noch nicht auf allgemeine Gesetze gebracht werden können.
7. Uiber die Ausdehnung der Metalle hat man sich vorzüglich beschäftigt, und dazu ein sehr sinnreiches Werkzeug [Pyrometer genannt] erfunden. Indessen zeigt die nachfolgende aus *Gehler* entlehnte Tafel, daß verschiedene Gelehrte auch verschiedene Resultate erhalten haben, woraus ich die mittlere hinzusetze. Die Versuche wurden gemacht mit Stängelchen von gleichen Durchmessern, deren Länge bei 0
Reaum.

Reaum. = 100000 Theile war. Die Zahlen der Tafel geben die Anzahl solcher Theile, um welche sich die Stängelchen bis zum Siedepunkt ausdehnten.

	Muschenbroeck	Ellicote	Bouguer	Don Juan	Condamine	Smeaton	Herbert	Mittlere
Glas	—	—	78	60	—	83	86	76, 75
Gold	—	73	94	—	—	—	—	83, 50
Eisen	73	60	55	92	106	125	107	88, 28
Stahl	77	56	—	127	—	122	—	95, 50
Silber	—	103	73	—	—	—	—	121, 66
Kupfer	80	89	—	167	174	170	156	139, 33
Messing	101	95	—	204	—	193	172	153, 00
Blei	142	155	109	—	—	286	262	190, 80
Zinn	141	—	—	—	—	248	212	217, 00

Zusatz. Geschichte, und Beschreibung der gewöhnlichen Pyrometer — von *Wedgwood's* Pyrometern.

8. b) Mit der Ausdehnung der Körper bewirkt der Wärmestoff zugleich, daß sie in uns die Empfindung der *Wärme* hervorbringen. Der
in

in dem Körper frei gewordene Wärmestoff strebt zu n Gleichgewicht, und geht in unsere Hand über, wenn in ihr weniger Wärmestoff frei ist, so, daß die sich einander berührende Körper nach einiger Zeit gleiche Wärme-Aeußerung geben.

9. Bei gleichartigen Stoffen geschieht diese Vertheilung so, daß der Wärmegrad [Temperatur], den sie nach ihrer Vermischung zeigen, immer die mittlere arithmetische Proportionale zwischen den der sich mischenden Stoffe ist, oder nach *Richmann's* Angabe so, daß, wenn x die gemeinschaftliche Temperatur, M , m die Massen, und C , c die Wärmegrade vor der Vermischung sind,

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}, \text{ oder}$$

wenn die Massen gleich sind,

$$x = \frac{C + c}{2} \text{ ist.}$$

Zusatz 1. Hieraus ergiebt sich leicht eine sehr anwendbare Proportion für die verschieden erwärmten Massen, welche nothwendig sind, um eine Mischung von bestimmter Temperatur zu geben. Es wird nemlich

$$x [M + m]$$

$$x [M + m] = MC + mc, \text{ und}$$

$$M : m = x - c : C - x.$$

Zusatz 2. Diese Formel gilt aber nur für die Mischung gleichartiger Stoffe — bei ungleichartigen sind die Variationen so verschieden, daß man noch kein Gesetz gefunden hat.

10. c) In soferne ein Stoff aus einem andern den Wärmestoff wegnimmt, und in sich verbreitet, heist er ein *Wärmeleitender* [Wärmeleiter]. Die Leitungsfähigkeit ist aber in verschiedenen Stoffen verschieden.

Zusatz 1. Daß das Wasser kein absoluter Nichtleiter der Wärme ist, wie *Rumford* durch eine auf sehr scharfsinnige Versuche gebaute Hypothese behauptete, haben verschiedene Physiker, und erst neuerlich *Parrot* dargethan.

Zusatz 2. Uiber die Leitungsfähigkeit der Metalle hat *Ingenhousz* nach *Franklin's* Anleitung Versuche gemacht, und das Resultat gefunden, daß die Metalle in Rücksicht ihrer Leitungsfähigkeit in folgender Ordnung auf einander folgen: Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eisen, Stahl, Blei.

Zusatz 3. *Rumford*, und *Biot's* neueste Versuche über die Geschwindigkeit der Leitung in Metallen.

11. d)

11. d) Die Ausdehnung durch den Wärmestoff hat in einem höhern Grade die *Veränderung der Formen der Aggregation* zur Folge. Je größer aber der Grad der Kapazität ist, ein desto höherer Grad der Wirkung des Wärmestoffes wird auch erfordert, um diese Veränderung hervorzubringen. Geschieht sie aber, dann gehen feste Körper in tropfbare [schmelzen], und ausdehnbare Stoffe über.

Zusatz. Daher streng, und leichtflüssige Körper, und die Stoffenleiter „Fest, Tropfbarflüssig, Dunst, Gas“. — Die Ausdehnung unter der nehmlichen Form kann aber selbst auch verschieden seyn, und es gehört ein bestimmter Grad der Ausdehnung dazu, um die Form der Aggregation zu verändern.

12. e) Ob der Wärmestoff auch schwer sey, haben die Atomistiker nicht auszumitteln gewagt. Sie sind dem Einwurf, daß er als Materie schwer seyn müsse, immer dadurch begegnet, daß wir nur nicht im Stande seyen, ihn zu wägen, weil unsere feinsten Wagen in eben dem Grade ungenau wären zur Wägung des Wärmestoffes, als die gemeinsten Krämerwagen zur Wägung der Gasarten, und daher den Ausschlag zwischen dem Gewichte des Sauerstoffes, wenn er in einem Metalloxyde in fester Form da ist, oder von demselben ausgeschieden durch Wärme.

Wärmestoff als Gas sich darstellt, zwischen dem Gewichte des Eises, und des daraus entstandenen Wasser, u. s. w. nicht geben können. Endlich entschieden *Rumford's* Versuche, die er, durch *Fordyce's* Versuche veranlaßt, mit einer alles übertreffenden Feinheit, und Sorgfalt an [dem Gewichte nach] gleichen Quantitäten Wasser, Weingeist, und Quecksilber 1787 anstellte, und sich dabei einer Wage bediente, die ihm gewiss eine Gewichtsveränderung von $\frac{2}{1000000}$ Theilen eines lb hätte entdecken, und eine Gewichtsveränderung von $\frac{2}{700000}$ messen lassen. Er wiederholte seine Versuche öfter, und immer war das gleichförmige Resultat, daß bei'm Gefrieren weder eine Zunahme, noch eine Abnahme des Gewichtes beobachtet werde, der Wärmestoff also nicht schwer seyn könne.

13. f) Die Verbreitung des Wärmestoffes geschieht allseitig, und zwar so, daß die Intensität seiner Wirkung im umgekehrten Quadratverhältnisse der Entfernungen steht. Versuche mit einer glühenden Kugel, die zwischen Thermometern aufgehangen ist, u. dgl. weisen diese Behauptung, die schon aus der Natur eines ausdehnbaren Stoffes folgt, in der Erfahrung nach.

14. g) Aber nicht alle Körper strahlen gleich stark aus, wie dies *Rumford's* neue von *Friedländer*

länder bis jetzt nur angezeigte Versuche darthun. So fand *Rumford*, daß unpolirte Körper mehr ausströmen, als polirte, daher auch geschwinder erkälten, als diese, auch wenn sie mit Wasser umgeben sind.

Zusatz. Merkwürdig ist, daß ein gläserner Cylinder mehr ausströmte, als ein blecherner, er mochte polirt, oder mit 1 — 8 Lagen Firnis überzogen seyn.

15. Die Erscheinungen der Wärme haben ihren Grund in dem Freiseyn des Wärmestoffes. Dieses Freiseyn kann aber geschehen

a) *mittelbar* durch *Mittheilung* von einem wärmern Körper an einen kältern durch das Streben des Wärmestoffes zum Gleichgewicht, oder

b) *unmittelbar* α) *mechanisch*, durch wiederholten abwechselnden Druk, oder Stoß, und vorzüglich durch Reibung, oder β) *chemisch* bei Lösungen und Auflösungen, und vorzüglich durch das Sonnenlicht, das [im Sinne der Atomistiker] als Menstruum auf den gebundenen Wärmestoff wirkt, und ihn dadurch frei macht.

Zusatz 1. *Rumford's* interessante Versuche über die Reibung, die er beim Bohren eines Stükes
von

von einem Sechspföndner theils beim Zutritt der atmosphärischen Luft, theils ohne denselben machte, und durch die bei diesem Reiben in $2\frac{1}{2}$ Stund erzeugten Wärme Wasser zum Kochen brachte, in der Vorlesung!

Zusatz 2. Es versteht sich von selbst, daß alles, was von der Wärme gesagt wurde, auch umgekehrt von der *Kälte* gilt. Diese ist nemlich nur relativer Mangel am freien Wärmestoff, woraus sich alles sehr leicht erklären läßt, ohne einen eigenen Kältestoff [kaltmachende Materie] anzunehmen, obwohl *Rumford* in seinen neuesten Versuchen [ohne Zweifel nur des bequemern Ausdruckes wegen] von kalten Ausströmungen [emanations frigorigues] spricht.

16. Bisher wurde der Wärmestoff als Ursache der Erscheinungen der Wärme vorausgesetzt, und die Frage, ob es wirklich so einen Stoff gebe, unentschieden gelassen. Jetzt müssen wir aber auch diese beantworten. Die triffstigsten Gründe stehen in der That wider die Annahme desselben; denn

17. a) man setzt den Wärmestoff nur darum voraus, weil man 1) ohne diese Voraussetzung nichts erklären zu können glaubt, und 2) jeder Wirkung auch eine materiele Ursache unterlegen zu müssen meint. Allein des bloßen Erklärens

rens wegen darf wohl kein Stoff in die Natur hineingelegt werden, und einer Wirkung ja wohl eine nicht materiele Ursache [Kraft] zum Grunde liegen, z. B. Schwerkraft dem Fall, und Druke. — Das Daseyn des Wärmestoffes aber in der Natur nachzuweisen, vermag man um so weniger, da man ihn als imponderabl, und incoercibl voraussetzt. Die Ausrede, dafs nur unsere Wagen ihrer Unvollkommenheit wegen nicht zureichen, den Wärmestoff zu wägen, haben *Rumford's* Versuche über diesen Gegenstand aufgehoben [12].

18. b) Wenn aber auch der Wärmestoff vorausgesetzt wird, so geht es doch auch dann noch mit der Erklärung nicht gut fort. Man mufs, um die Ausdehnung aller Körper zu erklären, doch wieder zu einer Kraft seine Zuflucht nehmen, man dreht sich in der Erklärung der Elastizitätsvermehrung im Kreise [5.], und weifs den ewigen Stein des Anstosses die Erhöhung der Temperatur bei der Reibung nicht wegzuräumen.

Reibt man nemlich [wie Humbry Davy] zwei Parallepipeden von Eis (a) bei einer Temperatur

(a) Das nemliche gilt von allen leichtschmelzenden Körpern, z. B. Wachs, Talg u. dgl.

peratur von 29^o Fahn. einige Minuten lang aneinander, so zerfliessen sie an ihrer Oberfläche zu Wasser. Es wurde also die Temperatur erhöht, folglich die Kapazität vermindert [3. Zuf. 2.], und doch entstand ein kapazerer Körper [Wasser]. Der Wärmestoff mußte nach der Hypothese derjenigen, die den Wärmestoff vertheidigen also von einem andern Körper vielleicht aus der Hand, oder der Athmosphäre gekommen seyn.

Aber auch im luftleeren Raume bemerkt man eine beträchtliche Erhöhung der Temperatur, wenn man ein metallenes Rad auf einer Metallplatte in Bewegung setzt. — Und bringt man diese Anrichtung auf ein Stück Eis, auf dessen Oberfläche sich ein Grübchen mit Wasser befindet, mit dem aber die Anrichtung nicht in Verbindung steht, und setzt sie in einer Temperatur der Geräthschaft, und der Athmosphäre von 32^o in Bewegung, so steigt die Temperatur der Geräthschaft auf 33^o. Es müßte daher der Wärmestoff entweder vom Eise, oder von andern Körpern *durch* das Eis mitgetheilt worden seyn. Allein weder von, noch durch das Eis konnte er kommen, weil im ersten Falle das Wasser gefrieren, im zweiten das Eis hätte schmelzen müssen.

Rumford's Versuche [15. Zus. 1.] sind hierüber noch entscheidender. Der unpartheyische Untersucher muß doch selbst gestehen, daß bei denselben die Entstehung der Wärme weder der atmosphärischen Luft, noch dem Wasser, noch der eisernen Stange, an welcher der Bohrer befestigt war, zugeschrieben werden kann. Und woher die Uerschöpflichkeit des Metalles an dem Wärmeprinzip, wenn es Materie seyn soll? —

19. c) Wenn man einen Wärmestoff zur Erklärung der Erscheinungen der Wärme annimmt, so sehe ich nicht, warum man nicht auch einen Geruchstoff, Geschmakstoff, u. s. w. erdichten dürfte.

20. Um aber die Annahme des Wärmestoffes überflüssig zu machen, haben verschiedene Gelehrte verschiedene Theorien gebaut, die im Wesentlichen auf drei reduzirt werden können.

21. *Fries* stellt an die Spitze seines Systemes den Satz „Wärme besteht in der Bewegung durchdringender zum Theil incoercibler elastischer Flüssigkeiten.“ Die Temperatur eines Körpers ist ihm daher die ausdehnende Kraft, mit welcher sich die in ihm enthaltene Flüssigkeiten zu verbreiten streben. Die Wärme eröffnet
sich

sich die Poren selbst, und daher wird nach Verschiedenheit der Materien ein verschiedenes Verhältniß der Poren zu der Masse eintreten, woraus sich die Veränderung der Form der Aggregation, die verschiedene Kapazität, und Leitungsfähigkeit erklärt.

Dafs durch Reibung unmittelbar Wärme erzeugt wird, erklärt sich daraus, dafs die Flüssigkeiten durch das Reiben in eine *schwingende* Bewegung versetzt werden, und dadurch die Temperatur erhöhen.

Aber welche Flüssigkeiten sind denn die von *Fries* vorausgesetzte? — Wodurch sind sie selbst flüßig, elastisch, und incoercibel? — Wo ist denn die Allgemeinheit der Poren [I. Abth. 30.]? — Wo der Grund der Bewegung dieser Flüssigkeiten überhaupt, und ihrer schwingenden Bewegung in'sbesondere?

22. Bekanntlich haben schon *Aristoteles*, und *Descartes* den Grund der Wärmeerscheinungen in einer schwingenden Bewegung der Theile [analog den Schwingungen schallender Körper] gesucht. Diese Schwingungslehre wurde in unsern Tagen vorzüglich durch *Scherer* [Nic.] *Rumford*, und *Davy* wieder neuerdings aufgestellt, und letzterer geht daher von dem Satze aus: „Die Wärmephänomene, und die Repulsion im Materiellen sind einerlei Ursache zuzuschreiben“.

Bei

Bei der Erwärmung werden nemlich alle Körper ausgedehnt, daher müssen sich die Theile von einander entfernen, also in eine, wahrscheinlich oscillirende Bewegung versetzt werden, und Wärme ist also eine eigene *repulsive* Bewegung.

Der Uibergang von einer Form der Aggregation in eine andere muß daher Veränderung des Verhältnisses der einem bestimmten Körper [inhaerirenden] anziehenden, und zurückstossenden Kraft seyn.

Die Eigenschaft der Körper, diese repulsive Bewegung mitzutheilen, oder zu empfangen, heisst ihre [hohe, oder niedere] *Temperatur*, die sich nach ihrer besondern uns unbekannten atomistischen Constitution richtet.

Die Temperaturen werden durch Zusatz, oder Entziehung gleicher Quantitäten repulsiver Bewegung verschieden vermehrt, oder vermindert — dieser Unterschied heisst *Kapazität* [Temperaturfähigkeit].

Der Kapazität nach verschiedene, sich einander berührende Körper erhalten eine gemeinschaftliche mittlere repulsive Bewegung.

Man sieht leicht, dafs in diesem Systeme die zurückstossende Kraft nicht als Faktor der
 2 Materie,

Materie, sondern ganz im Sinne der Atomistik als der Materie inhaerierend genohmen wird. — Die Erklärungen aus dieser Annahme fallen also mit dem atomistischen System. Dann fragt sich, wo liegt denn der erste Grund dieser repulsiven Bewegung? — Ich glaube nicht, daß man sich der Beantwortung dieser Frage dadurch entziehen könne, daß man mit *Scherer* behauptet, man könne darnach gar nicht fragen. — Wird durch eine Vibration [wechselweise Expansion und Contraktion] die Vergrößerung des Volumens erklärt? — Müßte nicht unter den Metallen das am meisten elastische auch am besten Wärme leiten? und doch leitet nach *Ingenhous's* Versuchen [10. Zus. 2.] Gold besser als Stahl! — Wo liegt der Grund der immerwährenden Anfachung dieser Bewegung? — Und müßten nicht wenigst die weichsten Körper einen absoluten Kältegrad geben?

23. Endlich stellt *Wagner* ganz im Sinne der Dynamik die erregte zurückstossende [Expansiv] Kraft als die Ursache der Wärmeerscheinungen auf.

Die zurückstossende Kraft sucht nach allen Seiten auszudehnen, und wird daran durch Kohäsionskraft [Kohaerenz] gehindert. Jede Veränderung des Verhältnisses der Grundkräfte nähert daher einem der beiden Extreme absolute

lute Härte und Flüssigkeit. Je größer der Grad der Erregung der zurückstossenden Kraft [Temperatur] in einer bestimmten Materie ist, desto mehr nähert sie sich der Flüssigkeit, und umgekehrt. Mit dem Uiberschusse ihrer Erregung wirkt sie nun auf die umgebende weniger erregte, und erwärmet sie.

Latente [gebundene] Wärme ist daher der Grad der Erregung der zurückstossenden Kraft, der gerade für die bestimmte Form, und den bestimmten Grad der Kohärenz einer Materie nothwendig ist, welche dann *frei* wird, wenn sie einen andern von geringern Erregungsgrade berührt — Wärme kömmt also nicht von aussen, sondern wird in dem Körper erregt, und wirkt heraus.

Daher kann keine Frage nach strahlender Wärme seyn, obwohl sie nach allen Seiten auch auf Materien, und bei einer Hemmung auch wieder in entgegengesetzter Richtung durch eine kontinuierliche Expansion [nicht Wellenbewegung] erregend wirken muß.

Da kein Grad der Kohärenz je der grösste, oder kleinste seyn kann, wird eine Materie die Erscheinungen der Wärme unerschöpflich geben können, diejenigen Körper die besten Leiter seyn, welche die grösste Kapazität,
und

und Kohärenz haben, und Wärme sowohl durch mechanischen, als durch chemischen Reitz erscheinen.

Diese Theorie legt nichts in die Natur, was nicht schon im Begriffe der Materie liegt, geht ganz aus der Dynamik hervor, und erklärt die Phänomene auf die ungezwungenste Art. Ich sehe daher nicht, was uns abhalten soll, dieselbe jeder andern weit vorzuziehen.

L i c h t.

24. Die Gegenstände wirken auf eine gewisse Art auf unser Aug', und bringen dadurch hervor, daß sie von uns *gesehen* werden. Wir selbst werden dadurch in den Stand versetzt, über die Gestalt, Bewegung, Farbe, u. s. w. zu urtheilen. Der Zustand, indem wir uns bei dem Sehen befinden, heißt *Licht*, und als Ursache dieses Zustandes nimmt man gewöhnlich einen eigenen Stoff an, den man *Lichtstoff* [Licht erzeugenden Stoff, Photogene] nennt.

25. Dieser Lichtzustand ist aber nach der Quantität des von einem Gegenstande in unser Aug kommenden Lichtstoffes verschieden, und hängt also von der Quantität des in *Bewegung* gesetzten [freien] Lichtstoffes ab.

26. Die Bewegung dieses Stoffes geschieht mit so einer ungeheuren Geschwindigkeit, daß man sie bis gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunderts für momentan [ohne Zeit geschehend] hielt. Erst *Römer* wurde durch die Beobachtung der Jupitersmonde auf die successive Fortpflanzung des Lichtes hingeführt, und *Bradley* erhob sie über allen Zweifel, indem er bewies, daß das Sonnenlicht von der Sonne bis zur Erde $8' 7, 5''$ brauche, woraus sich leicht ergibt, daß es in einer Sekunde mehr als 40000 geographische Meilen durchlaufe, und, wenn der Eindruck desselben auf unser Aug' nur $\frac{1}{10}$ einer Sekunde dauert, ein Lichttheilchen um mehr als 4000 geographische Meilen von dem andern abstehen könnte, ohne daß uns der Lichtstrom unterbrochen schiene.

27. Die Fortpflanzung dieses Stoffes geschieht allseitig [in Sphaeram], und für einen bestimmten Punkt geradlinicht [nach den Radien der Sphaere], und zwar so, daß die Intensität desselben abnimmt im Quadratverhältnisse der Abstände; denn es sey [Fig. 1.] C ein Punkt, aus welchem nach allen Seiten Lichtstoff ausgeht. Fällt nun ein Theil desselben [der Strahlenkegel A C B] auf die verschiebbare Fläche A B, so wird sie in D ganz, in
d aber

d aber nur ihr Theil ab beleuchtet, und auf diesem, wie auf jener die nehmlichen Lichtstoffe aufzufangen. Daher werden sich die Intensitäten auf beiden umgekehrt verhalten wie die Basen der Kegel ACB , aCb , und diese [p. Geom.] wie die Quadrate der Höhen CD , Cd , oder der Entfernungen D , d , folglich

$$I : i = d^2 : D^2.$$

Zusatz 1. Das, was hier aus der Natur des Lichtstoffes ausgesagt worden, bestätigen auch *Rumford's* Versuche.

Zusatz 2. Erleuchten zwei leuchtende Körper eine Fläche in gleichen Entfernungen gleich stark, so müssen auch die Intensitäten an ihrer Oberfläche gleich seyn. Sind hingegen ihre Entfernungen ungleich, und die Intensitäten der Beleuchtung doch gleich, so müssen sich die Intensitäten an ihren Oberflächen schon verhalten, wie die Quadrate ihrer Abstände von der Fläche.

Zusatz 3. Sind zwei Flächen schief gestellt, so verhalten sich die Intensitäten wie die Sinusse der Neigungswinkel gegen den Lichtstoff.

28. Wenn der Lichtstoff in seiner Bewegung von einem Körper gehemmt wird so entsteht hinter dem Körper ein *Schatten*, der sich auf
eine

eine Entfernung erstreckt, die durch eine vom leuchtenden Punkte durch den obersten Theil des schattenden Körpers auf die Fläche, auf der er steht, gezogene gerade Linie bezeichnet wird.

Steht der schattende Körper auf einer horizontalen Fläche senkrecht, so heist sein Schatten ein *gerader*; steht der schattende Körper horizontal auf einer vertikalen Fläche, ein *umgekehrter*.

Zusatz 1. Von diesem Schatten [Kernschatten] muß man den *Halbschatten* wohl unterscheiden, welcher die Ränder des Kernschatten begrenzt.

Zusatz 2. Erklärung der Sonnen, und Mondsfinsternisse.

Zusatz 3. Dafs ein Körper eben so viele Schatten werfen müsse, als leuchtende Punkte ihren Lichtstoff an ihn abgeben, sieht man ohne meine Erinnerung.

29. Ein vollkommen schattender Körper heist ein *dunkler*, *undurchsichtiger*. Je weniger er aber schattet, desto durchsichtiger wird er. Man kann aber diese Eigenschaft nicht der größern, oder kleinern Leichtigkeit, mit welcher der Lichtstoff durch die Poren der Körper geht,

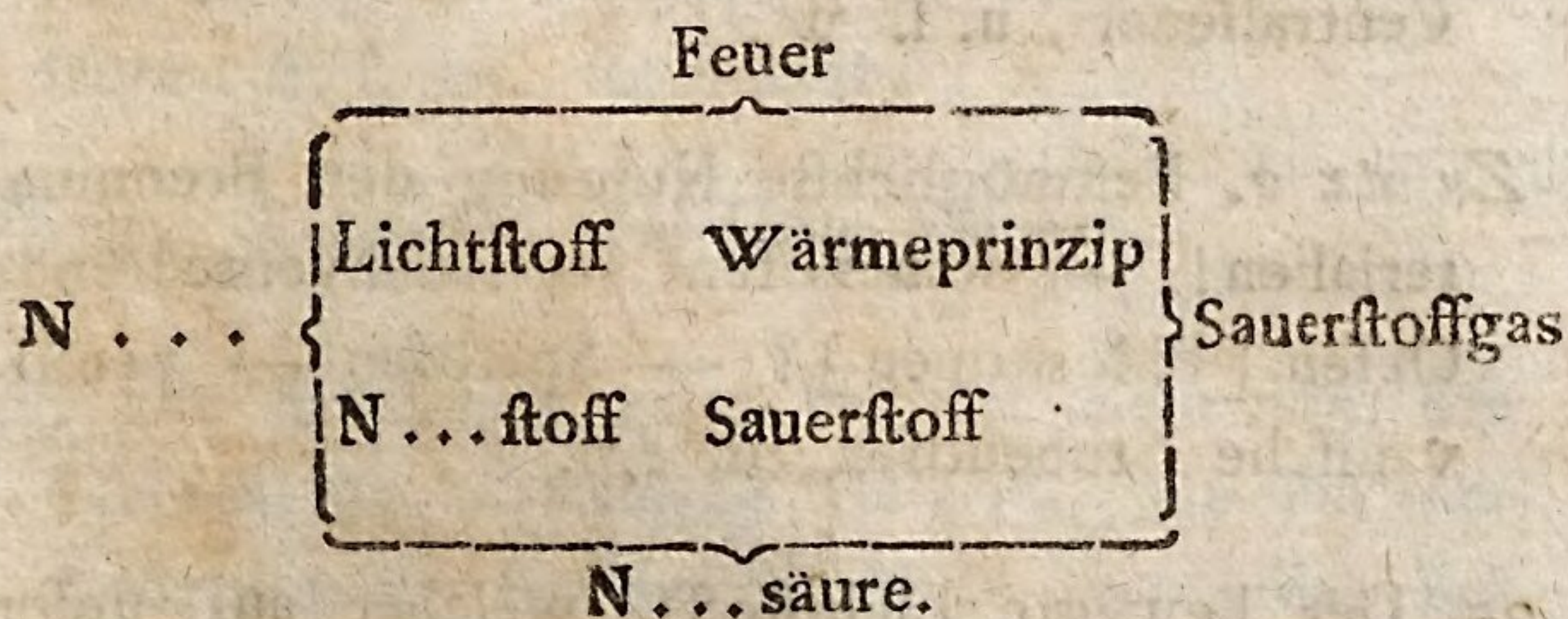
geht, sondern nur einer chemischen Durchdringung, und einem Wiederfreiwerden des Lichtstoffes zuschreiben, wenn man sich nicht in viele Schwierigkeiten verwickeln will.

Zusatz. Rumford's Versuche zeigen, daß beim Durchgang des Lichtes einer argandischen Lampe durch eine gut polirte Spiegelglastafel ein Verlust von 0, 1973, bei einer andern von 0, 1869, und durch beide zugleich von 0, 1263 gelitten wurde.

30. Der Lichtstoff selbst, dessen Existenz hier indessen vorausgesetzt wird, muß ein eigener, von dem Wärmeprinzip verschiedener, sehr feiner, ausdehnbarer Stoff seyn, welcher bald im freien, bald im gebundenen Zustande da ist, und nebst vielen andern chemischen Eigenschaften, als Farbenveränderung der Pflanzen, und Thiere, Entwicklung des Sauerstoffgases aus Pflanzen, dem vorzüglich von *Candolle* genauer untersuchten Schlafe der Pflanzen, u. s. w. große Verwandtschaft zum Wärmeprinzip hat, auf das er entweder [im Sinne der Atomistik] als Menstruum, oder [im Sinne der Dynamik] als erregende Potenz wirkt, und dadurch den Körper erwärmet.

Zusatz. Das Sonnenlicht ist aus vielen Beobachtungen nicht unmittelbar erwärmend.

31. Verbindet sich aber die Wirkung des Wärmeprinzips mit der des Lichtstoffes, so entsteht das Phänomen, das man im gemeinen Sprachgebrauche mit den Worten, *Flamme*, und *Feuer* bezeichnet, wobei immer eine doppelte Entmischung, und Mischung vor sich geht, wie es in der nachstehenden chemischen Formel ausgedrückt ist



32. Die Grade des Brännens sind *Glimmen*, *Glühen*, und *Brännen*. Die verschiedene Brennbarkeit der Körper hängt sehr natürlich von ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoff, und der Menge des in ihnen gebundenen Lichtstoffes ab.

Zusatz. Daher die Benennung brennbare, und nicht brennbare Körper, Luftzündler, u. s. w.

33. Die *Flamme* selbst, mit der die Körper verbrennen, ist aber keineswegs reine Verbindung des Wärmeprinzips mit Lichtstoff, sondern glühender Rauch, welcher aus der Entmischung des verbrennenden Körpers verflüchtigt.

Zusatz.

Zusatz. Daher die verschiedenen Farben der Flammen.

34. Hieraus erklärt sich leicht, daß immer eine Nahrung dem Feuer, z. B. durch Dochte in den Lampen und Kertzen zugeführt werden muß, wenn es länger fort brennen soll.

Zusatz 1. Ewige Lichter — griechisches Feuer — Centralfeuer, u. f. w.

Zusatz 2. Bestmögliche Nutzung der Brennmaterialien! — Rauchöfen — rauchverzehrende Oefen [Phloskopen]? — Sparöfen — pensilvanische Stubenöfen, u. dgl.

35. Der bewegte Lichtstoff, welcher auf unser Aug' wirkt [25.], kommt oft nicht unmittelbar vom leuchtenden Körper; sondern durch *Reflexion* von einem beleuchteten, oft in einer gebrochenen, oft auch in einer gebogenen Linie zu unserm Auge. Wir müssen diese drei Zustände des Lichtes untersuchen. Die Lehre davon ist unter dem Namen der *Katoptrik*, *Dioptrik*, und *Beugung* des Lichtes bekannt. Am Ende bleibt uns noch die Lehre vom menschlichen Sehen, oder die *Optik* über.

Katoptrik.

36. Jede Fläche, welche das Licht so zurückewirft, daß sie ein Bild der Gegenstände, von welchen das Licht kömmt, geben, heißt ein Spiegel, der nach der Lage der Theile der Fläche [Fig. 2.] ein *ebener* AB , oder ein *krummer* sr , $\sigma\varrho$, und dieser nach der Art der Krümmung ein sphärischer, konischer, zylindrischer, u. s. w. seyn kann.

Zusatz. Erhabene, und hohle Spiegel.

37. Die Erfahrung zeigt bei der Reflexion des Lichtes das nehmliche Gesetz, wie bei der Reflexion der Körper [I. Abth. 159.], daß der Einfallswinkel $L a P =$ dem Reflexionswinkel $P a l$.

38. Es sey uns [Fig. 3.] der sphärische Hohlspiegel sr gegeben, dessen Mittelpunkt in C , und in dessen Hauptachse aL der leuchtende Punkt L , oder die Spitze des Strahlenkegels liegt, von dem ein Strahl Lm , Ln so nahe bei der Achse auf den Spiegel fällt, daß ohne Fehler $aL = Lm = Ln$ gesetzt werden kann. Der gezogene Radius cm , cn ist für m , und n das Einfallslot, folglich werden die Strahlen so nach f reflektirt werden, daß $Lmc = cmf$, und $Lnc = cnf$ wird,

wird, wo sie sich durchschneiden, und den Sammlungspunkt bilden. Es ist nicht schwer, diesen Sammlungspunkt, oder seine Entfernung af zu finden; denn [p. Trig.] ist im Dreiecke mcL

$$cL : mL = \sin. c m L : \sin. m c L, \text{ oder} \\ = \sin. c m L : \sin. m c f.$$

Im Dreiecke $mc f$ aber ist

$$fc : mf = \sin. f m c . \sin. m c f$$

als Reflexionswinkel ist $f m c = c m L$, also

$$= \sin. c m L : \sin. m c f,$$

folglich auch

$$fc : mf = cL : mL.$$

Da die Strahlen unendlich nahe bei aL einfallen, so ist $mf = af$, und $mL = aL$, also

$$fc : af = cL : aL.$$

Wenn der Abstand des leuchtenden Punktes d , der Abstand des Sammlungspunktes x , und der Radius des Spiegels r heisst, so wird

$$r - x : x = d - r : d, \text{ folglich}$$

$$x = \frac{dr}{2d - r}$$

Zusatz.

Zusatz. Was von dem Strahl Lm gesagt worden ist, gilt auch von dem Strahle Ln , und die obige Formel ist daher allgemein.

39. Die Strahlen können nur drei verschiedene Lagen zu einander haben — sie können *divergiren*, *parallel* seyn, und *convergiren*.

40. I. Bei *Hohlspiegeln*, und a) *divergirenden* Strahlen paßt nothwendig für die Sammlungsweite die obige Formel, weil sie unter diesen Voraussetzungen entworfen worden ist. Da sie aber je nachdem $2d = r$, oder $> r$, oder $< r$ ist, bald positiv, bald negativ, bald $= 0$ wird, so wird auch die Sammlungsweite bald *keine* seyn, bald *vor*, bald *hinter* den Spiegel fallen.

Zusatz. Ein leichter Kalkul zeigt, daß, wenn der leuchtende Punkt von der Berührung des Spiegels wetritt, der Sammlungspunkt sich immer weiter hinter dem Spiegel entfernen müsse, bis er sich bei $d = \frac{1}{2} r$ in der Unendlichkeit verliert, bei zunehmender Entfernung wieder aus der Unendlichkeit *vor* dem Spiegel hervortritt, dem Spiegel immer näher rückt, und endlich bei $d = \infty$ in der Entfernung $= \frac{1}{2} r$ stehen bleibt.

41. b) *Parallel* werden die Strahlen nur durch eine unendliche Entfernung des leuchtenden Punktes

Punktes vom Spiegel; daher wird hier $d = \infty$,
und in jedem Falle $x = \frac{1}{2} r$.

Zusatz. Da die Sonnenstrahlen wegen der ungeheuren Entfernung der Sonne von der Erde als parallel angenommen werden können, so wird dieser Fall bei ihnen allzeit eintreten. — Da aber die Sonnenstrahlen im Sammlungspunkte erwärmend, und entzündend wirken, so hat dieser Punkt den Namen *Brennpunkt* [focus] erhalten.

42. c) *Convergirende* Strahlen giebt es zwar an, und für sich nicht, aber die Kunst kann sie dazu machen. Dann laufen sie aber in einen Kegel zusammen, dessen Spitze α hinter dem Spiegel liegt, wesswegen nun d negativ genommen werden muss, und die obige Formel sich umändert in

$$x = \frac{dr}{2d + r}.$$

Zusatz. Da hier alle Größen positiv sind, so kann der Sammlungspunkt nie hinter den Spiegel fallen, tritt aber immer mehr vom Spiegel weg, je größer der Abstand des leuchtenden Punktes wird, bis er bei $d = \infty$ wieder in $x = \frac{1}{2} r$ stehen bleibt.

43. II. Bei *erhabnen Spiegeln* hat der Radius eine der Lage des Radius in Hohlspiegeln, für welche die Formel [38.] berechnet worden ist, entgegengesetzte Lage, muß also auch entgegengesetzt genommen werden. Daher wird

a) bei *divergirenden Strahlen*

$$x = \frac{-d r}{2d + r}.$$

Zusatz. Da diese Formel immer negativ bleibt, so wird der Sammlungspunkt immer hinter dem Spiegel bleiben, und sich immer weiter davon entfernen, je mehr sich der leuchtende Punkt vor demselben entfernt.

44. b) Bei *parallelen Strahlen* ist $d = \infty$ [41.], also

$$x = -\frac{1}{2} r.$$

Zusatz. Da die Strahlen durch den Spiegel nicht durchgehen, sondern [ex hypoth.] reflektirt werden, so kann es keinen wirklichen Brennpunkt geben, sondern die Formel sagt nur aus, daß die Strahlen so reflektirt werden, als giengen sie von dem Brennpunkte hinter dem Spiegel aus. Daher heist dieser Brennpunkt auch *Virtualfocus* [imaginärer Brennpunkt].

45. c) Bei *convergirenden* Strahlen wird wegen
 $\rightarrow d$ [42.]

$$x = \frac{dr}{-2d+r}$$

Zusatz. Daher rückt der Sammlungspunkt immer vor den Spiegel weg, bis er bei $d = \frac{r}{2}$ in der Unendlichkeit verschwindet, aus ihr aber bei wachsender Entfernung *hinter* dem Spiegel wieder hervortritt, dem er sich bis auf $-\frac{r}{2}$ nähert, wenn $d = \infty$ wird.

46. III. *Planspiegel* lassen sich entweder als Hohlspiegel, oder als erhabne Spiegel betrachten, deren Radius unendlich groß gesetzt wird. In beiden Voraussetzungen wird

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$x = -d,$$

b) bei *parallelen*

$$x = \pm \infty,$$

c) bei *convergirenden*

$$x = d.$$

47. Aus den bereits aufgefundenen Formeln für die Sammlungsweite lässt sich leicht eine andere Formel für den Abstand des leuchtenden Punktes, und für den Radius des Spiegels finden.

Es

Es ist nemlich für Hohlspiegel aus

$$x = \frac{dr}{2d - r} \quad [38.] \text{ die Entfernung des leuch-}$$

tenden Punktes

$$d = \frac{rx}{2x - r}, \text{ und der Radius}$$

$$r = \frac{2dx}{d + x}, \text{ für erhabne Spiegel aber aus}$$

$$x = \frac{dr}{-2d + r} \quad [45.]$$

$$d = \frac{rx}{r + 2x}, \text{ und}$$

$$r = \frac{2dx}{x - d}.$$

48. Wo sich die Strahlen nach ihrer Reflexion sammeln, entsteht das *Bild* des leuchtenden Punktes. Das Bild eines ganzen Gegenstandes wird also an allen Sammlungspunkten zugleich hervortreten. — Damit aber das Bild dem Gegenstande ähnlich ist, müssen die Theile desselben zu einander die nemliche Lage haben, wie die Theile des Gegenstandes selbst. Es sey [Fig. 4.] *sr* ein Hohlspiegel, dessen Mittelpunkt in *c* ist, und vor dem in einer

Entfernung $d > \frac{1}{2} r$ als Gegenstand der concentrische Bogen bde steht, so ist $br = da = es$, und deswegen auch die Entfernungen der Sammlungspunkte $s\varepsilon$, $a\delta$, $r\beta$ einander gleich, und das Bild $\varepsilon\delta\beta$ selbst ein mit dem vorigen concentrischer Bogen, also dem Gegenstande ähnlich.

Zusatz 1. Das nehmliche gilt von einem sphärischen erhabnen Spiegel [Fig. 5.], nur dafs hier das Bild $\varepsilon\delta\beta$ hinter den Spiegel fällt.

Zusatz 2. Wäre der Gegenstand mit dem Spiegel nicht concentrisch, sondern z. B. die gerade Linie boe , so fallen die Bilder von b , und e dem Spiegel näher, als das von o [40. Zus.] das ganze Bild kann also keine gerade Linie, also dem Gegenstande nicht mehr ähnlich seyn. — Daher die Verzerrung der Bilder in einem Hohlspiegel.

49. Schon aus der Zeichnung sieht man, dafs [Fig. 4.] das Bild *umgekehrt*, und [Fig. 5.] *aufrecht* seyn müsse. Es geschieht nehmlich das erste immer, so lange der Mittelpunkt des Spiegels c zwischen dem Gegenstande und dem Bilde liegt, das zweite aber, wenn Gegenstand und Bild auf die nehmliche Seite vom Mittelpunkte fallen.

50. Aehnliche Bögen verhalten sich wie ihre Radien, daher wird sich die *Größe* des Bildes zur Größe des Gegenstandes verhalten, wie ihre Entfernungen von dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte.

Zusatz. Es ist daher leicht, in einem gegebenen Falle die Lage, und Größe eines Bildes anzugeben.

51. Bei *Planspiegeln* ist das Bild immer eben so weit hinter, als der Gegenstand vor dem Spiegel [46.], und kann wegen $r = \infty$ nie über den Mittelpunkt hinausfallen, wird daher immer aufrecht, und weil der Unterschied zwischen der Entfernung des Bildes, und des Gegenstandes vom Mittelpunkte verschwindet, eben so groß, als der Gegenstand seyn.

Zusatz 1. Wenn aber der Gegenstand mit diesem Spiegel einen Winkel macht, so fällt das Bild in eine eigene Lage. Es sey [Fig. 6] *b e* ein *horizontal* liegender Gegenstand, der mit dem Spiegel *s r* den Winkel $s r b = 45^\circ$ bildet, so steht das Bild, weil jeder Punkt desselben eben so weit hinter, als [der entsprechende Punkt des Gegenstandes vor dem Spiegel zu stehen kommt, *senkrecht* in βe .

Zusatz 2.

Zusatz 2. Wäre umgekehrt der Gegenstand βe senkrecht, so würde sein Bild $b e$ horizontal liegen.

Zusatz 3. Allgemein fällt das Bild so hinter den Spiegel, daß der Winkel $\beta r b$, welchen Gegenstand und Bild miteinander machen $=$ dem doppelten Winkel $s r b$ ist, den Spiegel und Gegenstand miteinander machen. — Daher steht das Bild von Gegenständen, die am Ufer eines Wassers stehen, unter einem geraden Winkel $= 180^\circ$ mit diesen Gegenständen, u. s. w.

52. Wenn ein Gegenstand zwischen zween Spiegeln liegt, so entstehen mehrere Bilder, die der Vervielfältigung der Reflexion zugeschrieben, aber immer schwächer werden müssen, weil bei jeder Reflexion ein Theil des Lichtes verloren geht.

D i o p t r i k.

53. Wenn das Licht von einem Iokern in ein dichters Medium, oder umgekehrt, übergeht, so wird es der Erfahrung gemäß so gebrochen, daß es sich im ersten Falle dem Einfallslothe nähert, im zweiten aber sich davon entfernt. Wenn nemlich $abcd$ [Fig. 7.] einen in cd mit einem undurchsichtigen Körper bedekten

dekten Glas-Würfel vorstellt, auf den in c der Strahl Lc einfällt, so geht er in demselben nicht nach der Richtung ca fort, sondern nähert sich dem Einfallslothe Pd nach der Richtung ce. Bei seinem Austritt aus dem Glase geht er wieder nicht in der Richtung ef fort, sondern entfernt sich von dem Einfallslothe p π in der Richtung el, leidet also bei jedem Durchgang durch ein Glas eine doppelte Brechung.

54. Das Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfallswinkels $LcP = dca$, und dem Sinus des Brechungswinkels dce [Brechungsverhältniß] bleibt der Erfahrung gemäß bei den nehmlichen Medien beständig, verändert sich aber mit jedem neuen Medium. Es ist bei dem Uibergang des Strahles aus der Luft z. B.

in gemeines Glas $= 17 : 11$ beinahe $= 3 : 2$,

in Flintglas $= 1 : 0,619$,

in Wasser $= 1 : 0,750$,

in Weingeist $= 1 : 0,725$,

in Leinoehl $= 1 : 0,675$.

Zusatz 1. Setzt man allgemein das Brechungsverhältniß $= m : n$, den Einfallswinkel $= i$, den Brechungswinkel $= r$, so wird natürlich $\text{Sin. } i : \text{Sin. } r = m : n$.

Zusatz 2.

Zusatz 2. Dafs sich dieses Verhältnifs bei der zwoten Brechung am Austritt, z. B. aus dem Glase ganz umkehren, und $\text{Sin. } i : \text{Sin. } r = n : m$ werden müffe, sieht man leicht.

Zusatz 3. Wird $i = 0$, so muß eben darum auch $r = 0$ werden, und ein senkrecht einfallender Strahl ohne Brechung durch das Medium gehen.

55. Hieraus ist es leicht, die Lage eines Strahles nach der Brechung sowohl durch Zeichnung, als durch Rechnung zu bestimmen. Es sey nemlich [Fig. 7.] der einfallende Strahl Lc , so ist der Sinus des Einfallswinkels gh . Theilt man diesen in i und k in drei gleiche Theile, und zieht mit ihr parallel die Linie $nm = gi$, so wird diese, wenn das Medium Glas ist, den Sinus des Brechungswinkels, also m den Punkt bestimmen, durch den die Richtung des Strahles im Glase geht.

Eben so leicht läßt sich die Lage des Strahls durch Rechnung finden; denn da [54. Zusatz 1.] allgemein

$$\text{Sin. } i : \text{Sin. } r = m : n$$

bei Glas aber

$$\text{Sin. } i : \text{Sin. } r = 3 : 2 \text{ ist,}$$

so wird

Sin.

$$\text{Sin. } r = \frac{2}{3} \text{ Sin. } i, \text{ oder}$$

$$\text{Log. Sin. } r = \text{Log. } \frac{2}{3} + \text{Log. Sin. } i.$$

56. Ohnerachtet das Brechungsverhältniß beständig ist [54.], so kömmt es doch auf die Form des Glases an, an welchem Orte hinter demselben die Strahlen gesammelt werden sollen. Und da kennen wir außer der Kugel [Fig. 8.] das *Planglas* (a) mit zweoen ebenen parallelen, das *planconvexe* Glas (b) mit einer ebenen, und einer erhabenen, das *planconcave* Glas (c) mit einer ebenen, und einer hohlen, die *Linse* (d) mit zwei erhabenen, das *Hohlglas* (e) mit zwei hohlen, das *Uhrglas* (f) mit einer erhabenen, und einer hohlen von gleichen Radien, den *Meniskus* mit einer erhabenen, und einer hohlen Seitenfläche, wobei aber der Radius der erhabenen kleiner ist.

Zusatz. Hier ist die Rede nur von *kugelförmigen* erhabenen, und hohlen Seitenflächen. Man muß aber bei diesen Gläsern den Mittelpunkt des Glases c von den Mittelpunkten der Seitenflächen k, und x [Fig. 9.] wohl unterscheiden. — Eine gerade Linie Lλ, welche durch die Mittelpunkte der Seitenflächen, und des Glases zugleich geht, heißt die *Hauptachse* des Glases, jede andere aber, die nur durch den Mittelpunkt des Glases geht, eine *Nebenachse*. — Die

Die *Vorderseite* heisst immer die dem leuchtenden Punkte zugekehrte.

57. Wenn [Fig. 9.] von dem leuchtenden Punkt L der Strahlenkegel $pL\pi$ auf das Glas $s\tau$ fällt, so werden die Strahlen Lp , und $L\pi$ bei ihrem Eintritt in $p\pi$, und bei ihrem Austritt in $q\lambda$ gebrochen, und sammeln sich dann hinter dem Glase auf einem Punkte f ihrer Achse, den man den *Sammlungspunkt* nennt.

Dieser Punkt, oder sein Abstand von der Hinterseite des Glases bf lässt sich sowohl durch Zeichnung, als durch Rechnung bestimmen. Wenn nemlich κ , und α die Mittelpunkte der Seitenflächen sind, so werden die von ihnen auf p , und q gezogene Radien senkrecht seyn, also die Einfallslothe vorstellen.

Bei dem Eintritt des Strahles wird daher der Einfallswinkel αpu seyn. Da bei Glas $\text{Sin. } i : \text{Sin. } r$, oder wegen der Kleinheit der Winkel $i : r = 3 : 2$ [54.], so wird, wenn pq so gezogen wird, dass $\alpha pu : upq = 3 : 2$ ist, upq den Brechungswinkel, und pq die Lage des Strahles im Glase nach der ersten Brechung vorstellen, und der Strahl würde ohne eine zwote Brechung die Achse in λ schneiden. Aber bei seinem Austritt wird er
neuer-

neuerdings gebrochen, so, daß $i : r = 2 : 3$ wird. Zieht man nun qf so, daß $\omega q \lambda : \omega q f = 2 : 3$ ist, so wird $\omega q f$ den Brechungswinkel, und qf die Lage des Strahles nach der zwoten Brechung vorstellen. Dadurch ist der wahre Durchschneidungs [Sammlungs] Punkt f an der Achse gegeben.

58. Der Kalkul führt durch folgende weitläufige Rechnung auf eine allgemeine Formel für $b f$.

Um diese Formel zu erhalten sey der Abstand des leuchtenden Punktes $La = d$ der Radius der Vorderseite $\kappa p = r$, der Radius der Hinterseite $kq = \rho$, die Dicke des Glases $ab = \delta$, das Brechungsverhältniß $= m : n$.

In dieser Voraussetzung wird wegen der Kleinheit der Winkel

$$\kappa pu : \kappa p \lambda = m : n, \text{ und}$$

$$\kappa p \lambda = \frac{n}{m} \cdot \kappa pu.$$

Es ist aber $\kappa pu = L + Lk p$,

und im Dreiecke $\kappa p L$,

$$\kappa p : Lp = L : L\kappa p, \text{ folglich}$$

$$L\kappa p = \frac{Lp \cdot L}{\kappa p}, \text{ und}$$

da

da ohne merklichen Fehler $L_p = L_a = d$,

$$= \frac{d \cdot L}{r}$$
, folglich der obige Winkel

$$x_{pu} = L + \frac{d \cdot L}{r}, \text{ und der Winkel}$$

$$x_{p\lambda} = \frac{n}{m} \cdot L + \frac{d \cdot L}{r},$$

$$= \frac{n(d+r)}{m \cdot r} \cdot L.$$

Im $\Delta x_{p\lambda}$ ist

$$x_p : x_\lambda = \lambda : x_{p\lambda}, \text{ also}$$

$$x_\lambda = r \cdot \frac{n(d+r)}{m \cdot r} \cdot \frac{L}{\lambda}.$$

Da $Lx_p = \lambda + x_{p\lambda}$, folglich

$\lambda = Lx_p - x_{p\lambda}$ ist, so wird es substit.

$$= \frac{d \cdot L}{r} - \frac{n \cdot (d+r)}{m \cdot r} \cdot L,$$

$$= \left(\frac{d}{r} - \frac{n \cdot (d+r)}{m \cdot r} \right) \cdot L,$$

$$= \frac{(m-n)d - n \cdot r}{m \cdot r} \cdot L, \text{ folglich}$$

$$x_\lambda =$$

$$\begin{aligned} \kappa \lambda &= \frac{r \cdot n (d + r)}{m \cdot r} \cdot L : \left(\frac{(m-n) d - n \cdot r}{m \cdot r} \right) \cdot L. \\ &= \frac{n \cdot r (d + r)}{(m-n) d - n \cdot r} \end{aligned}$$

Da $b\lambda = \kappa\lambda + b\kappa$, und weil

$$b\kappa = r - \delta,$$

$b\lambda = \kappa\lambda + r - \delta$ ist, so wird es

$$\begin{aligned} &= \frac{n \cdot r (d + r)}{(m-n) d - n \cdot r} + r - \delta, \\ &= \frac{d \cdot n \cdot r + n \cdot r \cdot r + d \cdot m \cdot r - d \cdot n \cdot r - n \cdot r \cdot r}{(m-n) d - n \cdot r} \delta, \\ &= \frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n) d - n \cdot r} - \delta = q\lambda. \end{aligned}$$

Auf λ würde also der Strahl hinfallen, und daher in $q\lambda$ seine Lage bestimmt seyn, wenn er nicht bei seinem Austritt aus dem Glase eine zwote Brechung leiden müßte. Dadurch wird aber

$$\omega q\lambda : \omega qf = n : m, \text{ und}$$

$$\omega qf = \frac{m}{n} \cdot \omega q\lambda, \text{ oder weil als}$$

$$\text{äusserer Winkel } \omega q\lambda = k + \lambda,$$

$$= \frac{m}{n} \cdot k + \lambda.$$

Es

Es ist aber im Dreiecke $\lambda q k$,

$$q\lambda : qk = k : \lambda, \text{ und}$$

$$k = \frac{q\lambda}{\varrho} \cdot \lambda, \text{ folglich}$$

$$\omega_{qf} = \frac{m}{n} \left(\frac{q\lambda}{\varrho} \cdot \lambda + \lambda \right)$$

$$= \frac{m(q\lambda + \varrho)}{n \cdot \varrho} \cdot \lambda.$$

Daher wird, weil $\omega_{qf} = qfk + k$,

$$qfk = \omega_{qf} - k,$$

$$= \frac{m \cdot (q\lambda + \varrho)}{n \cdot \varrho} \cdot \lambda - \frac{q\lambda \cdot \lambda}{\varrho},$$

$$= \frac{m \cdot \varrho (q\lambda + \varrho) \cdot \lambda - n \cdot \varrho \cdot q\lambda \cdot \lambda}{n \cdot \varrho \cdot \varrho},$$

$$= \frac{m \cdot q\lambda + m \cdot \varrho - n \cdot q\lambda}{n \cdot \varrho},$$

$$= \frac{(m - n) q\lambda + m \cdot \varrho}{n \cdot \varrho}.$$

Da

Da im Dreiecke qfk,

$qf : qk = k : qfk$ ist, so wird

$$\begin{aligned}
 qf &= bf = qk \cdot \frac{k}{qfk}, \\
 &= \varrho \cdot \frac{q\lambda}{\varrho} \cdot \lambda : \frac{(m-n)q\lambda + m.\varrho}{n \cdot \varrho} \\
 &= \frac{\varrho \cdot q\lambda \cdot \lambda}{\varrho} \times \frac{n \cdot \varrho}{(m-n)q\lambda + m.\varrho}, \\
 &= \frac{n \cdot \varrho \cdot q\lambda}{(m-n)q\lambda + m.\varrho}.
 \end{aligned}$$

Oben war $q\lambda = b\lambda = \frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n)d - n \cdot r} - \delta$,

folglich wird der Zähler

$$\begin{aligned}
 n.\varrho.q\lambda &= n.\varrho \cdot \left(\frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n)d - n \cdot r} - \delta \right), \\
 &= n.\varrho \left(\frac{d \cdot m \cdot r - \delta[(m-n)d - \delta \cdot n \cdot r]}{(m-n)d - n \cdot r} \right), \\
 &= \frac{d \cdot m \cdot n \cdot r \cdot \varrho - \delta(m-n)d \cdot n \cdot \varrho + \delta \cdot n \cdot n \cdot r \cdot \varrho}{(m-n)d - n \cdot r},
 \end{aligned}$$

Hingegen

Hingegen der Nenner

$$\begin{aligned}
 (m-n)q \lambda + m \cdot \rho &= m \cdot n \left(\frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n)d - n \cdot r} - \delta \right) + m \cdot \rho \\
 &= (m-n) \frac{d \cdot m \cdot r - [\delta (m-n)d + \delta \cdot n \cdot r]}{(m-n)d - n \cdot r} + m \cdot \rho, \\
 &= \frac{(m-n) \cdot [d \cdot m \cdot r - \delta [m-n]d + \delta \cdot n \cdot r]}{(m-n)d - n \cdot r} + m \cdot \rho, \\
 &= \frac{(m-n)(d \cdot m \cdot r - \delta [m-n]d + \delta \cdot n \cdot r) + m \cdot \rho (m-n)d - m \cdot n \cdot r \cdot \rho}{(m-n)d - n \cdot r}
 \end{aligned}$$

Also wird nun

$$\begin{aligned}
 b f &= \frac{d \cdot m \cdot n \cdot r \cdot \rho - \delta [m-n]d \cdot n \cdot r \cdot \rho + \delta \cdot n \cdot n \cdot r \cdot \rho}{[m-n]d - n \cdot r}, \\
 &= \frac{[m-n]d - n \cdot r}{[m-n][d \cdot m \cdot r - \delta [m-n]d + \delta \cdot n \cdot r] + m \cdot \rho [m-n]d - m \cdot n \cdot r \cdot \rho} \\
 &= \frac{d \cdot m \cdot n \cdot r \cdot \rho - \delta [m-n]d \cdot n \cdot r \cdot \rho + \delta \cdot n \cdot n \cdot r \cdot \rho}{[m-n](d \cdot m \cdot r - \delta [m-n]d + \delta \cdot n \cdot r) + m \cdot \rho [m-n]d - m \cdot n \cdot r \cdot \rho}
 \end{aligned}$$

Durch diese allgemein für alle sehr nahe an der Achse liegende Strahlen geltende Formel ist der Punkt b, und die Lage bq des Strahles nach seinem Austritt aus dem Glase bestimmt. Sie scheint aber noch sehr verwickelt, ist es aber nur darum, weil das Allgemeine für alle bre-

brechende Medien geltende Verhältniß $m : n$ in derselben noch vorkömmt.

59. Setzt man das für Gläser bestimmte Verhältniß $= 3 : 2$, so wird sie schon viel bequemer; denn es wird nun

$$bf = \frac{6 \cdot d \cdot r \cdot \rho - 2 \cdot \delta \cdot d \cdot \rho + 4 \cdot \delta \cdot r \cdot \rho}{3 \cdot d \cdot r - \delta \cdot d + 2 \delta \cdot r + 3 \cdot d \cdot \rho - 6 \cdot r \cdot \rho},$$

Aus dieser allgemeinen Formel muß nun der Sammlungspunkt für jede Art der Gläser [56.] aufgefunden werden.

60. Bei einer Kugel ist $r = \rho$, und $\delta = 2r$, daher wird

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{2dr + 8rr}{4d - 2r} = \frac{dr + 4rr}{2d - r},$$

b) bei *parallelen* Strahlen wird $d = \infty$, also

$$bf = \frac{\infty r + 4rr}{2\infty - r} = \frac{1}{2} r,$$

c) bei *convergirenden* Strahlen aber, wo d negativ ist

$$bf = \frac{-dr + 4rr}{-2d - r}.$$

Zusatz

Zusatz. Dieses Glas wird also bald einen Samm-
lungspunkt hinter, bald einen imaginæren vor
dem Glase geben, d. i. bald ein Sammlungs-,
bald ein Zerstreungsglas seyn.

61. Bei einer *Linse*, für welche die obige Formel
[59.] entworfen worden ist, ist die Dicke des
Glases gewöhnlich ganz unbeträchtlich in Ver-
gleichung mit den Radien, und der Entfernung
des leuchtenden Punktes, folglich kann $\delta = 0$
gesetzt werden, dadurch wird aber

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{6 \cdot d \cdot r \cdot \varrho}{3 \cdot d \cdot r + 3 \cdot d \cdot \varrho - 3 \cdot r \cdot \varrho} = \frac{2 d \cdot r \varrho}{d[r + \varrho] - 2 \cdot r \cdot \varrho}$$

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = \frac{2 \cdot \infty \cdot r \cdot \varrho}{\infty[r + \varrho] - 2 \cdot r \cdot \varrho} = \frac{2 r \varrho}{r + \varrho},$$

c) bei *convergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{-2 d \cdot r \cdot \varrho}{-d r - d \varrho - 2 r \varrho} = \frac{2 d \cdot r \cdot \varrho}{d[r + \varrho] + 2 r \varrho}$$

Zusatz 1. Der gewöhnlichste Fall ist, daß bei
Linsen $r = \varrho$ ist. Dadurch wird aber

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{d r}{d - r},$$

b bei

b) bei *parallelen* Strahlen $bf = r$,

c) bei *convergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{dr}{d + r}.$$

Zusatz 2. Der Abstand des Sammlungspunktes bei parallelen Strahlen heisst hier die *Fokallänge*. Daher wird diese $= 2r\varrho$, oder $= r$ seyn. — Methode die Fokallänge mechanisch zu finden.

Zusatz 3. Aus der Formel

$$\frac{2d \cdot r \cdot \varrho}{d(r + \varrho) - 2r \cdot \varrho}$$

ergiebt sich leicht eine andere, in welcher nur die Fokallänge Φ , und der Abstand des leuchtenden Punktes d gegeben seyn darf, wenn man sowohl den Zähler, als den Nenner der vorigen Formel mit der Summe der Radien (hier $r + \varrho$) dividirt; denn es ist dann a) für *divergirende* Strahlen

$$bf = \frac{d \cdot 2r \cdot \varrho}{r + \varrho} : \frac{d(r + \varrho)}{r + \varrho} = \frac{2r \cdot \varrho}{r + \varrho},$$

$$= \frac{d \cdot 2r \cdot \varrho}{r + \varrho} : \frac{d - 2r \cdot \varrho}{r + \varrho}, \text{ und}$$

weil

$$\text{weil } \frac{2r \cdot \varrho}{r + \varrho} = \Phi, \text{ auch} \\ = \frac{d \cdot \Phi}{d - \Phi}, \text{ daher}$$

b) für *parallele* $bf = \Phi$, und

$$\text{c) für } \textit{convergirende} \quad bf = \frac{d \cdot \Phi}{d + \Phi}.$$

62. Bei einem *planconvexen* Glase, wenn die *erhabene* Seite gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist, wird $\varrho = \infty$, daher

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot r \cdot \infty}{d \cdot r + d \cdot \infty - 2r \cdot \infty} = \frac{2d \cdot r}{d - 2r},$$

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = \frac{2 \cdot \infty \cdot r}{\infty - 2r} = 2r,$$

c) bei *convergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{-2d \cdot r}{-d - 2r} = \frac{2d \cdot r}{d + 2r}.$$

Zusatz 1. Wäre die *flache* Seite gegen den leuchtenden Punkt gekehrt, so wäre die Wirkung die *nehmliche*, weil dann $\varrho = r$ würde.

Zusatz 2.

Zusatz 2. Nach der oben [61. Zus. 3.] angegebenen Verfahrungsart wird für dieses Glas, wo die Summe der Radien $= r + \infty$ ist,

a) für *divergirende* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot r \infty}{r + \infty} : \frac{d[r + \infty] - 2 \cdot r \infty}{r + \infty},$$

$$= d \cdot 2r : d - 2r, \text{ und}$$

weil [62.] $2r = \Phi$, ist

$$= \frac{d \cdot \Phi}{d - \Phi}, \text{ also}$$

b) für *parallele* Strahlen $bf = \Phi$, und

c) für *convergirende* $bf = \frac{d \cdot \Phi}{d + \Phi}$.

63. Bei einem *Hohlglase* haben die Radien eine der in der Formel für Linse angenommenen entgegengesetzte Lage, werden also negativ, daher wird

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot -r \cdot -\varrho}{d \cdot -r + d \cdot -\varrho - 2 \cdot -r \cdot -\varrho},$$

$$= \frac{-2d \cdot r \cdot \varrho}{d \cdot r + d \cdot \varrho + 2r \cdot \varrho} = \frac{2d \cdot r \cdot \varrho}{d(r + \varrho) + 2r \cdot \varrho},$$

b) bei

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = \frac{-2 \infty \cdot r \cdot \rho}{\infty (r + \rho) + 2 r \cdot \rho} = \frac{-2 r \cdot \rho}{2 r + \rho},$$

c) bei *convergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{-2 r \cdot \rho \cdot -d}{-d (r + \rho) + 2 r \cdot \rho} = \frac{-2 d \cdot r \cdot \rho}{d \cdot r + d \cdot \rho - 2 r \cdot \rho}.$$

Zusatz 1. Sind die Radien, wie gewöhnlich, gleich, so wird

a) für *divergirende* Strahlen $bf = \frac{-dr}{d + r},$

b) für *parallele* $bf = -r,$ und

c) für *convergirende* $bf = \frac{dr}{-d + r}.$

Zusatz 2. Bei diesem Glase giebt es beinahe immer einen negativen, d. i. imaginären Sammlungspunkt, der so vor dem Glase liegt, daß die Strahlen, die aus dem Glase treten, sich in ihm durchschneiden würden, wenn ihre neue Richtung bis an die Achse verlängert würde. — Diesen Punkt heisst man von seiner Wirkung den *Zerstreuungspunkt*. — Methode ihn mechanisch zu bestimmen!

Zusatz 3. Da hier die Summe der Radien $= -r - \rho,$ so wird die zwote nach der Fokallänge berechnete Formel

a) für

a) für *divergirende* Strahlen

$$\begin{aligned}
 bf &= \frac{2d \cdot r \cdot \varrho}{-r - \varrho} : \frac{-dr - d\varrho - 2r \cdot \varrho}{-r - \varrho}, \\
 &= \frac{d \cdot 2r \cdot \varrho}{-r - \varrho} : \frac{d(-r - \varrho)}{-r - \varrho} - \frac{2r \cdot \varrho}{-r - \varrho}, \\
 &= d \cdot \frac{-2r \cdot \varrho}{r + \varrho} : d + \frac{2r \cdot \varrho}{r + \varrho}, \text{ und}
 \end{aligned}$$

$$\text{weil } \frac{2r \cdot \varrho}{r + \varrho} = \Phi,$$

$$= \frac{d \cdot -\Phi}{d + \Phi} = - \frac{d \cdot \Phi}{d + \Phi},$$

b) für *parallele* aber $bf = -\Phi$, und

$$c) \text{ für } \textit{convergirende} \quad bf = \frac{d \cdot \Phi}{-d + \Phi}.$$

64. Bei einem *planconcaven* Glase, wenn die *hohle* Fläche gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist, wird r negativ, und $\varrho = \infty$, folglich

a) für *divergirende* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot -r \cdot \infty}{d \cdot -r + d \cdot \infty + 2r \cdot \infty},$$

==

$$= \frac{-2d.r.\infty}{d.\infty + 2r.\infty},$$

$$= -\frac{2d.r}{d + 2r},$$

b) für *parallele* Strahlen

$$bf = \frac{-2\infty.r}{\infty + 2r} = -2r,$$

c) für *convergierende* Strahlen

$$bf = \frac{2d.r}{-d + 2r} = \frac{-2d.r}{d - 2r}.$$

Zusatz 1. Steht die *flache* Seite gegen den leuchtenden Punkt, so ist die Wirkung die *nehml*iche, weil dann $-r = -r$ in der Formel wird.

Zusatz 2. Die aus der Fokallänge gezogene Formel ergibt sich leicht, wenn die Summe der Radien $= -r + \infty$ ist; denn es wird

a) für *divergierende* Strahlen

$$bf = \frac{-2d.r.\infty}{-r + \infty} : \frac{d.\infty + 2r.\infty}{-r + \infty},$$

$$= d.-2r : d + 2r, \text{ und}$$

weil

weil $2r = \Phi$,

$$= \frac{-d \cdot \Phi}{d + \Phi},$$

b) für *parallele* $bf = -\Phi$, und

c) für *convergierende* $bf = \frac{d \cdot \Phi}{-d + \Phi}.$

65. Wenn des *Meniskus* erhabene Seite die Vorderseite ist, so wird ϱ negativ, und daher

a) für *divergierende* Strahlen

$$\begin{aligned} bf &= \frac{2d \cdot r \cdot --\varrho}{d \cdot r + d \cdot --\varrho - 2r \cdot --\varrho} \\ &= \frac{-2d \cdot r \cdot \varrho}{d \cdot (r - \varrho) + 2r \cdot \varrho}, \end{aligned}$$

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = \frac{-2\infty \cdot r \cdot \varrho}{\infty \cdot r - \infty \cdot \varrho + 2r \cdot \varrho} = \frac{-2r \cdot \varrho}{r - \varrho}, \text{ oder}$$

$$= \frac{2r \cdot \varrho}{\varrho - r},$$

c) bei *convergierenden* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot r \cdot \varrho}{-d \cdot r + d \cdot \varrho + 2r \cdot \varrho}.$$

Zusatz.

Zusatz. Die zweite Formel [wird, weil die Summe der Radien $= r - \varrho$,

a) für *divergierende* Strahlen

$$bf = \frac{-2d \cdot r \cdot \varrho}{r - \varrho} : \frac{dr - d\varrho + 2r \cdot \varrho}{r - \varrho},$$

$$= d \cdot \frac{-2r \cdot \varrho}{r - \varrho} : d + \frac{2r \cdot \varrho}{r - \varrho},$$

$$= d \cdot \frac{2r\varrho}{\varrho - r} : d + \frac{2r \cdot \varrho}{\varrho - r},$$

$$\text{weil } \frac{2r \cdot \varrho}{\varrho - r} = \Phi,$$

$$= \frac{d \cdot \Phi}{d + \Phi},$$

b) für *parallele* $bf = \Phi$, und

$$c) \text{ für } \textit{convergierende} \quad bf = \frac{-d \cdot \Phi}{d + \Phi}.$$

66. Steht aber die *hohle* Seite gegen den leuchtenden Punkt, so ist r negativ, und daher

a) bei *divergierenden* Strahlen

$$bf = \frac{-2d \cdot r \cdot \varrho}{-dr + d \cdot \varrho + 2r \cdot \varrho} = \frac{-2d \cdot r \cdot \varrho}{d(-r + \varrho) + 2r \cdot \varrho},$$

b) bei

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = \frac{-2\infty \cdot r \cdot \varrho}{-\infty \cdot r + \infty \cdot \varrho + 2r \cdot \varrho} = - \frac{2r \cdot \varrho}{-r + \varrho} = \frac{2r \cdot \varrho}{r - \varrho},$$

c) bei *convergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot r \cdot \varrho}{dr - d\varrho + 2r \cdot \varrho}.$$

Zusatz. Da hier die Summe der Radien $= -r + \varrho$ ist, so wird in der zwoten Formel

a) für *divergirende* Strahlen

$$bf = - \frac{2d \cdot r \cdot \varrho}{-r + \varrho} : \frac{-d \cdot r + d \cdot \varrho + 2r \cdot \varrho}{-r + \varrho},$$

$$= d \cdot \frac{-2r \cdot \varrho}{-r + \varrho} : d + \frac{2r \cdot \varrho}{-r + \varrho}, \text{ und}$$

$$\text{weil } \frac{2r \cdot \varrho}{-r + \varrho} = \Phi,$$

$$= \frac{-d \cdot \Phi}{d + \Phi},$$

b) für *parallele* $bf = -\Phi$, und

$$c) \text{ für } \textit{convergirende} \quad bf = \frac{d \cdot \Phi}{-d + \Phi}.$$

67. In einem *Uhrglase* ist immer $r = \varrho$, aber wenn die *erhabene* Seite gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist, ϱ negativ, daher

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot r \cdot -r}{d \cdot r + d \cdot -r - 2r \cdot -r} = -d,$$

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = -\infty, \text{ und}$$

c) bei *convergirenden* Strahlen $bf = d$.

Zusatz. Steht die *hohle* Seite gegen den leuchtenden Punkt, ist die Wirkung die nehmliche.

68. Bei einem *Planglase* ist $r = \varrho = \infty$, daher für jede Stellung

a) bei *divergirenden* Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot \infty \cdot \infty}{d \cdot \infty + d \cdot \infty - 2 \cdot \infty \cdot \infty} = -d,$$

b) bei *parallelen* Strahlen

$$bf = -\infty, \text{ und}$$

c) bei *convergirenden* Strahlen $bf = d$.

69. Es gilt daher für die Linse [61. Zuf. 3.] für das planconvexe Glas [62. Zuf. 2.] und für den Meniskus, wenn seine erhabene Seite gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist [65. Zuf.] bei diver-

divergirenden und convergirenden Strahlen die allgemeine Formel

$$bf = \frac{d \phi}{d \mp \phi},$$

woraus man leicht sieht, daß alle, weil sie alle die Eigenschaft haben, divergirende Strahlen weniger divergirend, oder gar parallel, convergirende aber mehr convergirend zu machen, billig den Namen der Sammlungsgläser, *Kollektivgläser* führen.

Zusatz. Erläuterung durch eine vor ein Kollektivglas gestellte Lichtflamme!

70. Eben so gilt für das Hohlglas [63. Zuf. 3.], das planconcave Glas [64. Zuf. 2.], und den Meniskus, wenn seine hohle Seite gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist [66. Zuf.] bei divergirenden und convergirenden Strahlen die allgemeine Formel

$$bf = \frac{\mp d \phi}{\pm d + \phi},$$

welche leicht darthut, daß diese Gläser nach der Brechung parallele Strahlen divergirend, divergirende mehr divergirend, und convergirende weniger convergirend machen, daher *Zerstreuungsgläser* sind.

Zusatz.

Zusatz. Dafs sich aus den allgemeinen Formeln [69. 70.], wenn die Sammlungs- oder Zerstreuungsweite gegeben ist, der Abstand des leuchtenden Punktes ohne Mühe finden lasse, ist klar.

71. Das Uhrglas, und Planglas machen [67. 68.] gleiche Wirkung, d. i. wenn die Dike des Glases unbeträchtlich ist, gar keine, weil die Richtung des Strahls nach der zweiten Brechung mit der vor dem Eintritt in das Glas parallel ist. Daher heiffen diese Gläser auch nicht *dioptrische* Gläser, wie die übrigen bisher behandelten.

72. Soll anstatt einem gegebenen Glase von ungleichen Radien eines von gleichen Radien gebraucht werden, das aber die nehmliche Wirkung macht, so hat man nur die Formeln der Fokallängen gleich zu setzen, und den gemeinschaftlichen Radius x des neuen Glases zu suchen. Wäre z. B. die Rede von einer Linse, so würde hier

$$x = \frac{2r \cdot \varrho}{r + \varrho} \quad [48.]$$

und daher, wenn $r = 3$, $\varrho = 6$ Zoll wäre

$$x = \frac{2 \cdot 3 \cdot 6}{6 + 3} = 4 \text{ Zoll, u. s. w.}$$

73. Was von Einem leuchtenden Punkte eines Gegenstandes gilt, gilt auch von allen übrigen. Die Strahlen eines jeden sammeln sich an ihrer Achse, und entwerfen hier ein Bild ihres Punktes, alle zusammen also das Bild des ganzen Gegenstandes. Aber aus dem, was bisher von den Sammlungspunkten gesagt worden ist, folgt in Rücksicht der Bilder, dafs

- a) das Bild in den Brennpunkt fallen müsse, wenn die Strahlen von einem Gegenstande kommen, der als unendlich entfernet angesehen werden kann, dafs
- b) kein Bild dem Glase näher liegen kann, als der Brennpunkt, dafs
- c) kein Bild möglich ist, wenn der Gegenstand in, oder inner dem Brennpunkte liegt, dafs
- d) das Bild sich um so mehr vom Glase entfernet, jemehr sich der Gegenstand demselben nähert, und umgekehrt, dafs
- e) das Bild von einem Gegenstande, der aufer der Brennweite liegt, und von dem die Strahlen divergirend auf das Glas fallen, hinter dem Glase aufer der Brennweite fallen, und umgekehrt seyn mufs.

Beugung

Beugung des Lichtes.

74. Unter diesem Namen versteht man gewisse Erscheinungen, welche das Licht giebt, wenn es auf eine feine schneidende Fläche fällt. *Grimaldi*, und vollständiger *Newton* hatte sie beschrieben. Aber bis auf *Jordan* waren sie nicht weiter untersucht worden. Sie sind folgende:

a) Bringt man in einen durch ein $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ Zoll weites Loch in ein finsterns Zimmer eintretenden Sonnenstrahl ein Haar nahe am Loche, so wirft es einen Schatten, der beträchtlich breiter ist, als das Haar, aber unmittelbar hinter dem Haar breiter, als in einer größern Entfernung, und durch eine unterbrochene Folge von farbigen Lichtsäumen begrenzt ist.

b) In einer sehr geringen Entfernung hinter dem Haare erscheint der Schatten des Haares sehr deutlich, und schwarz. Weiter zurück erscheint er von einer Lichtlinie getheilt, als wenn es zwei Schatten von zwei Haaren wären, aber sie sind weniger schwarz. — Das Schwarze nimmt mit der Entfernung ab, die Lichtlinie nimmt Farben an, wird aber immer mehr verwischt.

c) Wenn

c) Wenn das Loch, durch welches der Lichtstrahl eintritt $= \frac{1}{4}$ Zoll, und dem Strahle in einer Entfernung von 2 — 3 Füssen vom Loche die Schneide eines scharfen Messers senkrecht entgegen steht, so zeigen sich hinter dem Messer, wenn das direkte Licht durch schwarzes Tuch aufgefangen wird, zwei Lichtsäume unter einem Winkel von 10 — 12°, die immer schwächer werden, an der Schneide selbst aber eine Lichtlinie.

d) Wird dem ersten Messer ein zweites in der Ebene des vorigen in paralleler Richtung so genähert, dass ein Theil des Lichtes darauf fällt, und sie nur um $\frac{1}{400}$ Zoll von einander abstehen, so erscheinen zuerst zwei Ränder, die zwei Reihen von Lichtsäumen bilden, immer breiter werden, und paarweise verschwinden — die letzten, wenn die Messer in Berührung treten.

e) Werden die Schneiden unter einem Winkel von 154° zusammen gestellt, so bildet ein Lichtstrahl, der durch ein $\frac{1}{2}$ Zoll breites Loch eintritt, bei einer Entfernung der Schneiden vom Loche $=$ 10 — 15 Füsse auf einem polirten Lineale $\frac{1}{2}$ — 1 Zoll hinter

hinter den Messern die Lichtsäume, welche unter demselben Winkel, wie die Messer, aneinander treffen, und dann ohne sich zu durchkreutzen, verschwinden, durchkreutzen sich aber bei einer weit größern Entfernung des Lineales.

f) Läßt man farbiges Licht durch ein mit einer Nadel in eine Bleiplatte gestochenes Loch eintreten, so bildet der Schatten eines jeden dareingebrachten Körpers 3 Lichtränder von der nehmlichen Farbe. Rothcs Licht bildet aber die breitesten, violettes die schmalsten Ränder.

75. Dieses sind im Allgemeinen die Phänomene. Ihre Erklärung liegt aber noch weit zurücke. *Newton* selbst beschied sich nur mit einigen Fragen darüber, und *Jordan's* Erklärung kennen wir bis jetzt nur in einem Auszuge. Indessen hier davon so viel möglich!

Wenn die Sonnenstrahlen parallel [74. a] durch das enge Loch treten, so werden sie durch die Anziehung des durchlöcherten Körpers divergirend, daher wird der Schatten größer. Wenn sie aber auf das Haar treffen, werden sie von demselben wieder angezogen, daher ihre Divergenz vermindert. An der äußersten Grenze des Haares werden sie ohne Zweifel

Zweifel gebrochen, und daher die farbigen Ränder ! [a]

In einiger Entfernung hinter dem Haare fallen die beiden Lichtsäume zusammen, und bilden dieß und jenseits dunkle Zwischenräume, die nach dem Durchkreutzen nach und nach wieder Einen, aber weniger dunkeln Schatten geben müssen. [b]

Diese Phänomene müssen sich nothwendig abändern, wenn das Loch so groß [$= \frac{1}{4}$ Zoll] wird, daß die Ränder desselben auf das innere Licht nicht mehr zur Divergenz wirken können. Da hier auch die Schneide als Spiegel wirkt, so wird nur eine Vermehrung der Divergenz durch dieselbe bewirkt werden können. — Merkwürdig ist aber die Lichtlinie, die man auf der Schneide beobachtet. [c]

Werden zwei Messer neben einander gebracht, so giebt jede Schneide dem Lichte, das zunächst auf sie fällt, die Divergenz, um die Lichtränder hervorzubringen, die andere Schneide bildet aber die Lichtsäume. [d]

Berühren sich die Messer unter einem Winkel so werden sie die vorher auf einander gefolgte Erscheinungen auf einmal geben. [e]

Die verschiedene Breite der farbigen Licht-
ränder [f] schreibt *Newton* einem nähern, öfter,

entferntern Vorheigehen am schattenden Körper, *Jordan* aber einer Modifikation zu, durch welche das als farbiger Strahl aus dem weissen Lichte abgefonderte Licht in einen bleibenden Zustand versetzt wird.

Zusatz 1. Erscheinungen bei dem Sehen durch Seidenzeuge, Mouffelin, oder ein Geflechte von Drath.

Zusatz 2. Man sieht leicht, dafs die Lehre von der Beugung des Lichtes noch bei weitem am wenigsten bearbeitet ist. — Prof. *Wrede* hat versprochen, darüber Versuche zu machen, welche ohne Zweifel wichtige Aufschlüsse geben werden.

Wir mögen das Licht unmittelbar, oder mittelbar, zurückgeworfen, gebrochen, oder gebogen erhalten, so geschieht das Sehen doch immer auf die nehmliche Weise, und die Lehre davon führt den Namen der

O p t i k.

76. Das Werkzeug des Sehens ist bekanntlich das *Aug'*, das aus Häuten, und sogenannten Flüssigkeiten so zusammen gesetzt ist, dafs sich im gesunden Zustande desselben die auf dasselbe einfallenden Strahlen im Hintergrunde [auf der Netzhaut] sammeln, und dort ein Bild
des

des leuchtenden Punktes, von dem sie ausgegangen sind, entwerfen.

Zusatz. Weitere Beschreibung und Erklärung des Auges.

77. Was von einem Punkte gilt, gilt auch von jedem andern. Wenn daher der Gegenstand $A B C$ dem Auge O gegenübersteht, so wird der Punkt A desselben in a , B in b , C in c abgebildet, also ein *umgekehrtes* Bild von $A B C$ entworfen.

Zusatz. Warum sehen wir die Gegenstände nicht umgekehrt? — warum mit zwei Augen nicht doppelt?

78. Da unser Sehen von dem auf der Netzhaut entworfenen Bilde, diese aber von dem Winkel $c D a = A D C$ abhängt, so muß uns ein Gegenstand um so größer scheinen, je größer dieser Winkel ist, welcher den Namen des *Schwinkels* führt, so wie die Größe, unter welcher uns die Gegenstände erscheinen, *scheinbare Größe* heißt. Deswegen heißt man auch die Tangente des Schwinkels selbst die *Tangente der scheinbaren Größe*.

79. Setzen wir, es wäre [Fig. II.] das Aug' in O , der Gegenstand $A B$, dessen wahre Größe $= M$, und dessen Entfernung $= D$ ist, so wird

$D :$

$D : M = \text{Sin. tot. Tang. } AOB$, also

$$\text{Tang. } AOB = \frac{M}{D}.$$

Eben so wird für einen andern Gegenstand ab , dessen Entfernung d , dessen wahre Grösse m ist

$$\text{Tang. } aOb = \frac{m}{d}, \text{ und}$$

wenn wir die Tangenten allgemein T, t , nennen

$$T : t = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}.$$

Zusatz. Je weiter daher der Gegenstand entfernt ist, desto kleiner scheint er uns — ungleich grosse Gegenstände können uns gleich gross scheinen, wenn der grössere weiter entfernet ist, u. f. w.

80. Die Schärfe unsers Auges hat aber ihre Grenzen, und die Gegenstände verschwinden für uns ganz, wenn der Sehwinkel sehr klein wird, und die Erfahrung lehrt, dass wir einen Gegenstand, z. B. einen weissen Kreis von 1 Zoll Durchmesser auf einer schwarzen Fläche nicht mehr sehen können, wenn seine Entfernung 5156 mal grösser, als seine Grösse, der Sehwinkel also kleiner, als $40''$ ist.

Zusatz 1.

Zusatz 1. Sehr beleuchtete Gegenstände sehen wir freilich unter einem viel kleinern Winkel, aber sie erscheinen uns dann auch nur als Punkte.

Zusatz 2. Daraus erklärt sich manche *optische Täuschung* in Rücksicht der Lage der Gegenstände zu einander, so scheint z. B. ein langer Gang, oder eine Allee zusammen zu laufen, eine gerade horizontale Ebene von einem höhern Standpunkte angesehen aufwärts gerichtet, die Aussicht vollkommen kreisförmig [Gesichtskreis], der nemliche Gegenstand von der Höhe herab kleiner, als in der nemlichen Entfernung auf einer horizontalen Fläche u. s. w.

81. In jeder Bewegung wird eine Linie beschrieben, für die es einen Sehwinkel giebt. Je schneller sich die Größe dieses Winkels verändert, desto geschwinder scheint uns die Bewegung.

Zusatz 1. Daher kann ein näherer Gegenstand, der sich parallel mit einem entfernten bewegt, sich geschwinder zu bewegen scheinen, als dieser, wenn er sich schon wirklich mit gleicher, oder auch kleinerer Geschwindigkeit bewegt. Sind ihre Richtungen nicht parallel, so kann umgekehrt ein näherer, geschwinder sich bewegendes Gegenstand langsamer scheinen, als ein entfernterer mit gleicher, oder auch kleinerer Geschwindigkeit sich bewegendes.

Zusatz 2.

Zusatz 2. Eben darum kann ein Gegenstand, der sich immer in gerader Richtung bewegt, verschiedene Bewegungsarten zu haben scheinen, wenn sich unser Aug', ohne dafs wir es wahrnehmen, selbst bewegt. — Daher kann ein Planet bald *directus*, bald *stationarius*, bald *retrogradus* zu seyn, bald geschwinder, bald langsamer sich zu bewegen scheinen.

82. Die Gegenstände sehen wir mit fehlerlosen Augen nur bei dem wenigst scheinbaren Parallelismus der Strahlen mit ihren Achsen. Indessen giebt es theils *kurtzsichtige*, theils *weitsichtige* Augen, welche Fehler ihren Grund entweder in einer zu grofsen, oder zu kleinen Brechkraft der Theile des Auges haben, wodurch die Strahlen entweder schon *vor*, oder erst *hinter* der Netzhaut sich sammeln. Ist nemlich die Hornhaut, oder die KrySTALLINSE zu erhaben, oder zu dik, oder zu sehr von der Netzhaut entfernt u. dgl., so werden sich die Strahlen vor, im umgekehrten Fall hinter der Netzhaut an ihren Achsen versammeln.

83. Man sieht leicht, dafs diesen Fehlern durch eine gute Wahl von Gläsern zu Hilfe gekommen werden kann. Es sey nemlich [Fig. 12.] op ein Aug', das von dem leuchtenden Gegenstand L die Strahlen in der Richtung Ls, und
Lr

Lr erhält, aber ihn in der Entfernung ωL nicht mehr sehen kann. Wird zwischen dieses Aug', und den Gegenstand das Hohlglas mn gebracht, so werden die Strahlen so zerstreut, daß sie in den Richtungen $\lambda \sigma$, $\lambda \rho$ in's Aug' kommen, das den Gegenstand nun auf λ hin bezieht. Wenn nun $\lambda \omega$ eine Entfernung ist, in welcher das Aug' den Gegenstand sehen kann, so wird jetzt dem Fehler des Auges abgeholfen seyn.

Zusatz. Solche Gläser heißen *Ferngläser*. Man muß aber immer diejenigen sich wählen, die am wenigsten verkleinern.

84. Wäre hingegen ein Aug' so beschaffen, daß es zu kleine Brechkraft hätte, um in der Nähe $\lambda \omega$ den Gegenstand zu sehen, von dem es die Strahlen in der Richtung Ls, Lr erhielte, so wird die Linse mn die Strahlen in die Lagen $\lambda \sigma$ und $\lambda \rho$ bringen, und das Aug' also den Gegenstand in λ , und daher deutlich sehen, wenn es in der Entfernung $\lambda \omega$ zu sehen vermag.

Zusatz. Diese Gläser heißen *Brillen*, und man muß bei der Wahl derselben die wählen, welche am wenigsten vergrößern.

85. Um sehr kleine Gegenstände, welche unter einem zu kleinen Sehwinkel erscheinen, zu sehen, bedient man sich der *Mikroskope* [Vergrößerungsgläser], welche, je nachdem sie aus einem, oder mehreren Gläsern bestehen, *einfache* oder *zusammengesetzte* heißen.

86. Es sey [Fig. 14.] mn eine Linse von sehr kleiner Brennweite bh . In b , oder doch so wenig außer b , daß man alle Punkte des Gegenstandes ohne merklichen Fehler in gleicher Entfernung von der Linse annehmen kann, liege der sehr kleine Gegenstand abc . In dieser Lage werden alle Strahlen parallel mit ihren Achsen in das Aug' o kommen, das den Gegenstand abc nun unter dem Winkel $mon = ahc$, den halben Gegenstand ab aber unter dem Winkel $mo h = ahb$ sieht.

Wollte das Aug' in h einen eben so großen Gegenstand ef ohne Glas deutlich sehen, so müßte dieser in der Entfernung $fh = 7$ Zoll davon stehen, wo sich nun der Schwinkel $ehf < ahb$ ergeben würde. Das Aug' sieht also durch das Glas den Gegenstand vergrößert.

87. Es ist nicht schwer, die Vergrößerungszahl n zu finden. Es ist nemlich in den Dreieken ehf , und ahb

$$fh : ef = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } ehf$$

ab

$ab : bh = \text{Tang. } ahb : \text{Sin. tot.}$ also
wegen der Kleinheit der Winkel, und weil
 $ab = ef$,

$fh : bh = ahb : ehf$, folglich

$$ahb = \frac{fh}{bh} \cdot ehf, \text{ oder}$$

wenn wir den allzeit beständigen Winkel ehf
mit v bezeichnen [86.]

$$ahb = \frac{z'}{bh} \cdot v, \text{ folglich}$$

$$n = \frac{z'}{bh}.$$

Zusatz 1. Je kleiner also die Fokallänge bh ist,
desto mehr vergrößert eine Linse. Aber mit
der Verkleinerung der Fokallänge nimmt auch
das *Gesichtsfeld*, die Möglichkeit vollkommener
Beleuchtung, und die Bequemlichkeit des Be-
obachtens ab.

Zusatz 2. Beim Gebrauch so einer Linse muß
der Gegenstand genau in den Brennpunkt gestellt,
soviel möglich beleuchtet, und das Aug' so
nahe als möglich an die Linse gebracht
werden.

88. Die *zusammengesetzten* Mikroskope bestehen entweder aus 2 Gläsern, von welchen das eine *Okular*, das andere *Objektivglas* heisst, oder aus drei, wo das dritte den Namen des *Kollektivglases* führt.

89. Wenn [Fig. 15.] ab die Hälfte des sehr kleinen Gegenstandes abc , der außer der Brennweite des Objektivglases mn liegt, ist, so wird davon ebenfalls außer der Brennweite hinter dem Glase das umgekehrte Bild $\alpha\beta$ entstehen [73.e]. Und wenn das Okular sr so gestellt ist, dass kein Brennpunkt mit dem Orte des Bildes zusammen fällt, so werden aus sr die Strahlen parallel in das Aug' o kommen, der Gegenstand also unter dem Winkel $rok = \alpha\kappa\beta$ gesehen werden, wofür sich die Vergrößerungszahl N leicht wieder finden lässt; denn

90. da in den Dreieken $\kappa\beta\alpha$ und $h\beta\alpha$

$$\kappa\beta : \alpha\beta = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \alpha\kappa\beta,$$

$\alpha\beta : h\beta = \text{Tang. } \alpha h\beta : \text{Sin. tot.}$, so wird wegen der Kleinheit der Winkel, und wegen $rok = \alpha\kappa\beta$

$$\kappa\beta : h\beta = \alpha h\beta : rok, \text{ und}$$

$$rok = \frac{h\beta}{\kappa\beta} \cdot \alpha h\beta,$$

=

$$= \frac{h\beta}{\kappa\beta} \cdot a h b \quad [87.]$$

$$= \frac{h\beta}{\kappa\beta} : \frac{z'}{b h} \cdot v, \text{ also}$$

die Vergrößerungszahl, oder

$$N = \frac{h\beta}{\kappa\beta} : \frac{z'}{b h}.$$

Zusatz 1. Ist x die Fokallänge des Objectives, y die Fokallänge des Okulares $= \kappa\beta$, und d der Abstand des Gegenstandes, so wird [69.]

$$h\beta = \frac{d x}{d - x}, \text{ folglich}$$

$$N = \frac{d x}{d - x} : y \cdot \frac{z'}{d},$$

$$= \frac{z' x}{(d - x) y}.$$

Zusatz 2. Eine leichte Rechnung für $\kappa\beta + h\beta$ zeigt, daß die Gläser um viel weiter auseinander gezogen werden müssen, wenn man durch das Näherrücken des Gegenstandes an Vergrößerung gewinnen will.

Zusatz 3.

Zusatz 3. Wenn man aber durch Annäherung des Gegenstandes an Vergrößerung gewinnt, so verliert man wieder am Gesichtsfelde.

91. Um dieses zu vermeiden, bringt man [Fig. 16.] zwischen des Okular sr , und Objektivglas mn ein drittes Kollektivglas tq ; denn wenn das Bild des Gegenstandes von dem Objektivglase in AB entworfen würde, so kann man es in $\alpha\beta$ bringen, wenn die Strahlen in tq nochmal gebrochen werden. Steht nun das Okular so, daß das Bild $\alpha\beta$ in seinen Brennpunkt fällt, so werden die Strahlen nach der Brechung in demselben parallel, und das Aug' sieht den Gegenstand unter dem Winkel $\kappa\alpha\beta$ $\equiv \alpha\kappa\beta$ deutlich.

92. Die Vergrößerungszahl N läßt sich auf eine ähnliche Art, wie bei den vorigen 2 Mikroskopen finden. Es ist nemlich in den Dreiecken $\alpha\beta\kappa$ und $\alpha\beta p$

$$\kappa\beta : \alpha\beta = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \alpha\kappa\beta, \text{ und}$$

$$\alpha\beta : p\beta = \text{Tang. } \alpha p\beta : \text{Sin. tot.}$$

Daher wegen der Kleinheit der Winkel

$$\begin{aligned} \text{rok} = \alpha\kappa\beta &= \frac{\beta p}{\kappa\beta} \cdot \alpha p\beta, \\ &= \frac{\beta p}{\kappa\beta} \cdot A p B. \end{aligned}$$

Eben

Eben so ist in den Dreieken $A p B$, und $A h B$

$B p : A B = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } A p B$, und

$A B : B h = \text{Tang. } A h B : \text{Sin. tot.}$, folglich

$$A p B = \frac{B h}{B p} \cdot A h B, \text{ also}$$

$$\gamma o \kappa = \frac{\beta p}{\kappa \beta} \cdot \frac{B h}{B p} \cdot A h B,$$

$$= \frac{\beta p}{\kappa \beta} \cdot \frac{B h}{B p} \cdot a h b, \text{ und [87.]}$$

$$= \frac{\beta p}{\kappa \beta} \cdot \frac{B h}{B p} \cdot \frac{7'}{b h} \cdot u,$$

die Vergrößerungszahl also, oder

$$M = \frac{\beta p}{\kappa \beta} \cdot \frac{B h}{B p} \cdot \frac{7'}{b h}.$$

Zusatz. Es wird bei der Berechnung der Vergrößerungszahl gewöhnlich nichts gegeben, als die Fokallängen der Gläser, und die Entfernung des Kollektives vom Objektiv $= p h$. Daher müssen aus diesen Daten Ausdrücke für die obigen Größen gefunden werden. Wenn nemlich die Fokallängen x, y, z sind, so wird [61. Zus. 2.]

$$B h =$$

$$Bh = \frac{bh \cdot x}{bh - x}.$$

Ist Bh gefunden, und [ex hypoth.] ph gegeben, so ist auch

$$Bp = Bh - hp \text{ gegeben.}$$

Aus Bp , und der Fokallänge des Kollektives y wird

$$\beta p = \frac{Bp \cdot y}{Bp \mp y},$$

woraus sich N selbst bestimmen läßt.

93. So, wie man durch Mikroskope sehr kleine Gegenstände dem Auge wahrnehmbar macht, so leistet man dieses bei sehr entfernten durch *Fernröhre*, die aber theils dioptrische, theils dioptrisch-katoptrische sind.

94. Die dioptrischen Fernröhre sind

a) das *holländische*, oder *galiläische*, dessen Objektiv eine Linse, dessen Okular aber ein Hohlglas ist. — Es giebt ein aufrechtes Bild, ist aber nur mehr in den gemeinen Taschenperspektiven üblich, weil sein Gesichtsfeld sehr klein ist.

b) Das *astronomische* Fernrohr, das aus 2 Linsen besteht, die so von einander abstehen, daß das vom Objektivglase gemachte *umgekehrte*

gekehrte Bild in die Fokallänge des Okularglases fällt. Es macht Dienste in der Astronomie, und sonst überall, wo auf die Lage des Gegenstandes nicht Rücksicht genommen werden darf.

- e) Um den Gegenstand doch auch aufrecht zu sehen, setzt man, was der Fall in allen gewöhnlichen Perspektiven ist, zwischen das Objektiv, und das eigentliche Okular noch 2 Okulare, so, daß die 3 Okulare um die Summe ihrer Fokallängen von einander abstehen. Dadurch wird das Bild deutlich, und aufrecht.

Zusatz 1. Verbessernde Theile sind die *Apertur*, die *Blende* [Blendung], der *Vorschuß* am Okular- und Objektivglas. — Die innern Wände sollen *schwarz* angestrichen seyn.

Zusatz 2. Ein Kurtzsichtiger muß die Okulare dem Objektivglase mehr nähern. — Wenn man einen nahen Gegenstand betrachtet, muß man das Okularrohr mehr herausziehen.

Zusatz 3. Da sich nur die sehr nahe an der Achse einfallende Strahlen in dem nehmlichen Punkte der Achse sammeln [58.], so werden seitwärts einfallende Strahlen sich in andern Punkten vereinigen. Aber dadurch entsteht der Fehler, den man *Abweichung des Lichtes wegen*
der

der *Gestalt der Gläser* nennt, der das Bild undeutlich macht.

95. Ein anderer noch beträchtlicherer Fehler ist die *Abweichung des Lichtes wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen*. *Newton* versuchte manches, diesem Fehler abzuhefen, fand aber kein genugthuendes Mittel dazu, und verzweifelte endlich an der Möglichkeit, eines zu finden. *Newton's* Ansehen war die Ursache, daß man alle fernern Versuche darüber aufgab, bis 1747 *Euler* in einer eigenen Abhandlung den Vorschlag that, verschiedene Glasarten miteinander zu verbinden, und die Möglichkeit zeigte, den genannten Fehler zu vermeiden. *Dollond*, ein englischer Künstler, machte sich an die Ausführung dieses Vorschlages, und fand nach vielen Versuchen, daß das englische *Krystallglas* [Flintglas] die Farben am stärksten, das *Crown Glas* [ein mehr grünliches Glas] aber bei gleichen Brechungen am schwächsten zerstreue, so, daß sie wechselseitig ihre Fehler aufheben. Daher verfertigte er *Objektivgläser*, welche aus einem *Hohlglase* von Flintglas, und aus einer *Linse* von *Crown Glas* zusammengesetzt waren. In der Folge erhielten diese Gläser noch dadurch eine Verbesserung, daß man sie aus 2 Linsen von *Crown Glas*, und einem dazwischen sich befindenden *Hohlglas* von

von Flintglas verfertigt. Diese Zusammensetzung gewährt

a) den Vortheil, daß die Gläser eine kleinere Brennweite fordern, und eine viel beträchtlichere Vergrößerung geben, und

b) alle Farbenzerstreuung aufheben, woher Fernröhre mit solchen Objektiven den Namen der *achromatischen*, oder von ihrem ersten Verfertiger, der *dollondischen* [Dollonde] führen.

96. Weil *Newton* die Möglichkeit achromatischer Fernröhre läugnete [95.], so benützte er den Gedanken *Gregory's*, mit dioptrischen Gläsern auch Spiegel zu verbinden, welche Fernröhre den Namen der *Spiegelteleskope* führen.

97. *Gregory* hatte nemlich vorgeschlagen, die von einem sehr weit entlegenen Gegenstand kommende Strahlen in den Brennpunkt eines metallenen, in der Mitte durchbrochenen parabolischen Spiegels reflektiren zu lassen. Steht diesem Spiegel ein anderer elliptischer gegenüber, dessen einer Brennpunkt mit dem des vorigen zusammenfällt, so werden die Strahlen sich im zweiten Brennpunkte der Ellipse sammeln, und wenn in der Oeffnung des parabolischen Spiegels eine Linse so steht, daß der Brennpunkt mit dem zweiten des elliptischen Spiegels

zusammenfällt, so wird ein vor der Linse stehendes Aug den Gegenstand deutlich sehen.

Dieser Vorschlag, der von *Gregory* selbst nicht ist ausgeführt worden, hatte den Nachtheil, daß man parabolische und elliptische Spiegel nicht leicht verfertigen konnte, und daß durch die Durchbrechung des parabolischen Spiegels gerade der Theil verloren geht, welcher zur Deutlichkeit des Bildes am meisten beiträgt.

98. Daher setzte *Newton* für diese Spiegel sphärische, für den parabolischen durchbrochenen einen Hohlspiegel, für den elliptischen einen ~~erhabenen~~ ^{flachen}, der aber schief, und so gestellt ist, daß die von dem Hohlspiegel reflektirten Strahlen eher auf ihn treffen, als sie sich im Brennpunkte des Hohlspiegels versammeln, und von ihm auf eine an der Seite angebrachte Linse, deren Brennpunkt mit dem Sammlungspunkte des erhabnen Spiegels zusammenfällt, reflektirt werden, wodurch das vor der Linse sich befindende Aug den Gegenstand deutlich sieht.

Zusatz. Da man aber mit diesem Teleskope nicht gerade auf den Gegenstand hinsehen kann, hat *Newton* damit noch ein kleines dioptrisches Fernrohr, das man den *Finder* nennt, verbunden.

99. *Cassegrain* wollte das *Gregory'sche*, und *Newton'sche* Teleskop mit einander verbinden, und stellte einem durchbrochenen Hohlspiegel einen kleinen erhabnen entgegen, der die von jenem erhaltene Strahlen auf ein Okular zurückwarf, durch welches der Beobachter den Gegenstand umgekehrt sehen mußte. Sein Vorschlag fand aber wenig Beifall.

100. Auf eine ganz andere Art verband *Hadley* die beiden Angaben von *Gregory* und *Newton* mit einander.

Dem metallenen sphärischen und durchbrochenen Spiegel sr [Fig. 17.], dessen Mittelpunkt in c , und Brennpunkt in f ist, steht ein kleiner sphärischer Hohlspiegel $\sigma\rho$, dessen Mittelpunkt in k , und Brennpunkt in v ist, so entgegen, daß das umgekehrte Bild ab vom Gegenstande AB des ersten nicht weit außer der Brennweite des zweiten v entworfen wird. Die vom zweiten Spiegel reflektirte Strahlen werden sich bei dieser Anrichtung irgendwo in ihren Achsen hT , ho vereinigen, und das aufrechte Bild Tr machen. Steht nun in der Durchbrechung des großen Hohlspiegels die Linse mn , so werden sich die Strahlen vielleicht an den in den Achsen hT , und hr liegenden Punkten α , β versammeln,

meln, und ein Bild geben, welches von dem Auge o deutlich unter dem Winkel $p o \omega$ gesehen wird, wenn ein zweites Okular $p q$ so gestellt ist, daß das Bild $\alpha \beta$ in seinem Brennpunkte liegt.

Zusatz. Herschels Telescope.

101. Vorzügliche katoptrische Instrumente sind noch a) die *Zauberlaterne*, b) die *Camera obscura*, und c) das *Sonnenmikroskop*. Ihre Einrichtung ist leicht zu verstehen. Von ihnen das wissenswerthe in der Vorlesung!

Farbenlicht.

102. Ein merkwürdiges Resultat aus den Untersuchungen über die Strahlenbrechung haben wir durch *Newton* an dem *Farbenlichte*. Er liefs durch ein ungefähr 4 Linien weites Loch o [Fig. 18.] in dem Laden eines verfinsterten Zimmers Sonnenstrahlen auf ein Glasprisma P, und von da auf eine weisse Fläche AB fallen, auf der sich ein langes gefärbtes Bild S s entwarf, in dem die Reihe der Farben von unten roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violet gab, die oberste und unterste Grenze abgerundet, die senkrechten Endgrenzen aber parallel waren. — Die Breite dieses Bildes ist = dem Durchmesser des Kreises, den die Strahlen ohne Prisma

Prisma bilden, die Länge desselben aber = der fünffachen Breite. Setzt man die Länge des ganzen Farbenbildes = 1, so nimmt davon

der rothe Strahl	$\frac{1}{8}$,
der orange .	$\frac{3}{40}$,
der gelbe .	$\frac{2}{15}$,
der grüne .	$\frac{1}{6}$,
der blaue .	$\frac{1}{6}$,
der indigo .	$\frac{1}{9}$,
der violete .	$\frac{2}{9}$ ein.

Zusatz. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach dem Verhältniß dieser Räume ab, so kommen

für den rothen Strahl	45,
für den orangen .	27,
für den gelben .	48,
für den grünen .	60,
für den blauen .	60,
für den indigo .	40,
für den violeten .	80,

360

Grade dieser Peripherie zu stehen.

103. *Newton* schloß aus diesen Versuchen sehr richtig, daß die Strahlen sieben verschiedene Grade von Brechbarkeit haben müßten, an deren Extremitäten roth und blau stünde. Setzt man den Sinus des Einfallswinkels $= 1$, so wird der Sinus des Brechungswinkels im Mittel

für den rothen Strahl	$=$	1, 5412,
für den orangen .	$=$	1, 5432,
für den gelben .	$=$	1, 54533,
für den grünen .	$=$	1, 54833,
für den blauen .	$=$	1, 55166,
für den indigo .	$=$	1, 55444,
für den violetten .	$=$	1, 55777,

woraus sich denn leicht das Verhältniß der Brechbarkeiten von zwei Strahlen zu einander ergibt.

104. Die obigen sieben Farben [102.] führen den Namen *Urfarben* [Hauptfarben], aus welchen sich durch Mischung alle übrigen Farben darstellen lassen. Wahr ist es freilich, daß zwischen jedem Farbenpaar eine unendliche Menge von Abstufungen liegt, indessen bleiben die Hauptunterschiede immer nur sieben.

Zusatz. Einige Physiker nehmen nur 5, andere nur 3 Hauptfarben, und alle übrige als gemischte

mischte an. Wären aber z. B. violete, oder orange gemischt, so müßte, wenn [Fig. 18.] die Fläche, auf der das Farbenbild sich abmahlt, an dem Orte C, wo der bestimmte als gemischt angenommene Strahl auffällt, durchbrochen ist, der durchgehende farbige Strahl in einem Prisma π aufgefangen, wieder ein Bild von verschiedenen Farben auf der Fläche a b in c geben, was nicht geschieht.

105. In der Voraussetzung, daß das Sonnenlicht aus siebenfarbigen Strahlen bestehe, die unter sich selbst heterogen sind, erklärt sich das Gefärbtseyn der Körper aus der Verwandtschaft derselben zu einem, oder mehreren Strahlen. Diese nemlich bindet der Körper, die übrigen reflektirt er, wodurch auf unser Auge, das den Körper durch die reflektirten Strahlen sieht, entweder ein einfacher, oder ein zusammengesetzter Eindruck geschieht, der einer bestimmten einfachen, oder zusammengesetzten Farbe entspricht.

Zusatz 1. Reflektirt ein Körper alle Strahlen, so erscheint er unter der Farbe des Sonnenlichtes, d. i. *weiss*. — *Weiss* also ist eigentlich gar keine Farbe.

Zusatz 2. Bindet hingegen ein Körper alle Strahlen, so sehen wir ihn gar nicht, aber wir
nennen

nennen dann die dunkle Stelle, welche wir nur durch die beleuchteten Grenzen der Fläche, auf der er liegt, sehen, *schwarz*. — Also auch *Schwarz* keine Farbe.

Zusatz 3. Leicht erklärt sich hieraus auch die sogenannte *schielende* Farbe einiger Zeuge, Insekten, u. f. w.

106. Hieraus ergibt sich nun eine Erklärung einiger glänzenden Meteore, vorzüglich des *Regenbogens*, und der *Sonnen* - und *Mondshöfe*. — Ehe aber die Erklärung dieser Meteore gegeben wird, muß ich auf einen sehr bekannten Versuch aufmerksam machen. — Wird nemlich eine mit Wasser gefüllte Glaskugel an einer Schnure über einer Rolle so aufgehangen, daß das auf dieselbe fallende Sonnenlicht unter verschiedenen Winkeln in's Auge des Beobachters fallen kann, so sieht dieser bei einem Winkel von 42° an der von der Sonne abgewandten Seite der Kugel ein lebhaftes *Roth*, und dann, je kleiner der Winkel wird, die folgenden prismatischen Farben [102.], und am Ende *violet*. Wird der Winkel auf 51° vergrößert, so erscheint an der gegen die Sonne gekehrten Seite der Kugel *roth*, und dann bei Vergrößerung des Winkels am Ende *violet*.

107. Was von der Glaskugel gilt, gilt auch von jedem Regentropfen. Wenn es nehmlich regnet, und die Sonne so gegen den Regen steht, daß sich der Beobachter zwischen beiden befindet, so sieht er oft einen, oft zween gefärbte Bögen, oder wenigst ein Stück von ihnen, in welchen die Farbenordnung die nehmliche ist, wie in dem obigen Versuch [106.], so, daß im innern Bogen Roth das höchste, Violet das niedrigste, im Aeuffern aber umgekehrt ist. Solche Bögen heißen *Regenbögen*, von welchen der innere der *Hauptregenbogen*, der äuffere *Nebenregenbogen*, ein Stück von ihnen aber *Regengalle* heisst.

108. Die Erklärung dieses Meteores kann nun nicht mehr schwer seyn. Es sey nehmlich [Fig. 20.] O das Aug des Beobachters, das auf eine Regenwolke, in der die Tropfen A, B, M, N fallen, sieht, und die Sonne, von welcher die parallelen Strahlen SA, SB, SM, SN auf die Tropfen fallen, so hinter sich hat, daß der Winkel $\text{BOH} = 42^{\circ}$ ist, so wird das Aug' hier die rothe, nach und nach alle übrige Farben abwärts, und endlich wenn $\text{AOH} = 40,2^{\circ}$ der violeten Farbe entspricht, die violete Farbe sehen. Wäre hingegen $\text{MOH} = 51^{\circ}$, so würde das Aug Roth, und
beim

beim Wachsen des Winkels auf $\text{NOH} = 54^\circ$ Violet sehen. — Dazu müssen die Strahlen, durch welche der Hauptregenbogen entsteht, beim Ein- und Austritt in a und b gebrochen, an der Hinterfläche in A und B aber reflektirt, die Strahlen hingegen, welche den Nebenregenbogen bilden, nicht nur beim Ein- und Austritt in c und d gebrochen, sondern auch an der Hinterfläche zweimal in f, und g reflektirt werden.

Zusatz. Was ist wohl die Ursache, dass die Strahlen gerade in einigen Punkten, und nicht auch in andern reflektirt, oder durchgelassen werden?

109. Diese allgemeine Theorie des Regenbogens erklärt alle die Erscheinungen, welche entweder a) *immer*, oder b) nur *manchmal* dieses Meteor begleiten, nemlich

1) die *kreisförmige* Gestalt des Regenbogens, weil der Winkel, den eine von der Sonne durch das Aug' gezogene Linie, und die aus den Tropfen kommende Strahlen bilden, dann immer der nemliche bleibt.

2) Da sich der Sehwinkel mit jeder Veränderung der Entfernung ebenfalls verändert, der Winkel aber, unter dem wir eine Farbe sehen können, immer der nemliche seyn muß,

muss, so sieht jeder Beobachter einen eigenen, und der nehmliche Beobachter bei jeder Bewegung einen andern Bogen.

3) Auf einer Ebene sehen wir nie einen ganzen Kreis; denn je höher die Sonne S steht, d. i. je größer SOR , desto größer wird auch HOC , desto tiefer fällt also auch der Mittelpunkt des Regenbogens C unter dem Gesichtskreis HR . Daher sieht man bei einer Sonnenhöhe von 42° keinen Haupt- und bei 54° [z. B. im Sommer am Mittage] auch keinen Nebenregenbogen, sieht aber mehr als einen halben Kreis, wenn man so steht, dass die Tropfen von S auch unter H noch beleuchtet werden können.

4) Da der Beobachter die Sonne immer im Rücken haben muss, so können nur diejenigen gegen Süden einen Regenbogen sehen, die dem Nordpole so nahe wohnen, dass sie zuweilen um Mitternacht die Sonne ober ihrem Horizonte haben.

5) Bei jeder Reflexion geht ein Theil des Lichtes verlohren, daher müssen die Farben des Nebenregenbogens immer schwächer seyn.

110. Manchmal sah man

1) drei

- 1) drei concentrische Bögen. — Einige, wie *Vitellio*, wollen vier, und andere noch mehr gesehen haben. Es ist die Möglichkeit, durch 4, 6, 8 fache Reflexion das Farbenlicht zu erhalten, zwar nicht zu läugnen, indessen waren das, was man für Regenbögen angiebt, ohne Zweifel nur Höfe.
- 2) Manchmal sah man drei nicht concentrische Bögen; aber der eine war immer anderswoher, als durch die Regentropfen, z. B. einem naheliegenden See entstanden.
- 3) *Langwith* beobachtete zuerst nahe an dem obern Theile des Hauptregenbogens gewisse farbigte Bogen, welche von verschiedenen Gelehrten verschieden erklärt wurden. Erst neuerlich hat *Brandes* sie mit vieler Wahrscheinlichkeit aus der Beugung des Lichtes erklärt.
- 4) Es braucht beinahe keine Bemerkung, daß man auch im Thau, Schnee, oder Reif Regenbögen sehen könne, wenn man sich auf einem Berge befindet, welche sogar bald parabolisch, bald elliptisch seyn können.
- 5) Daß auch Regenbögen vom Monde entstehen können, wie schon *Aristoteles* bemerkt hat, welche wie die von der Sonne entstandenen erklärt werden, aber immer
sehr

sehr schwach gefärbt seyn müssen, ist offenbar.

Zusatz. Fruchtbringende Kraft des Regenbogens.
— Regenbogenschüffelchen u. s. w.

III. Die *Sonnen* und *Mondshöfe* entstehen ohne Zweifel auf eine ähnliche Art durch Brechung und Reflexion der Lichtstrahlen in den Dunstkügelchen [II. Abth. 141.]. Man nennt aber Höfe jene gewöhnlich weisse, manchmal auch gefärbte Ringe, welche die Sonne, und noch öfter den Mond umgeben. Der Durchmesser derselben wächst manchmal von 12° bis auf 90° , ihre Breite aber beträgt 2, 7 Grade. Der Raum zwischen dem Monde, und dem Hofe ist allzeit dunkel.

III2. Gründe für die Behauptung, daß dieses Meteor den Dünsten zuzuschreiben ist, liegen darin, daß sie a) nie bei ganz heiterm Himmel erscheinen, daß sie b) verschwinden, wenn die Nebel durch Winde bewegt werden, oder in vollkommne Dunstform übergehen, daß wir c) um jede Flamme, die wir durch aufsteigenden Dampf, oder durch ein angehauchtes Glas betrachten, die nehmliche Erscheinung wahrnehmen.

Zusatz 1. Brandes hat die Sache mathematisch zu bestimmen gesucht, gesteht aber selbst ein, daß

dafs seine Bearbeitung noch nicht ganz hinreiche.

Zusatz 2. *Jordan* erklärt dieses Meteor aus der *Beugung* der Lichtstrahlen an den Dunstkügelchen, an, und zwischen welchen sie vorbeigehen.

113. Eine ähnliche Erscheinung sind auch die *Nebensonnen*, und *Nebenmonde*, deren man manchmal mehrere zugleich sieht. Man hat sie durch Reflexion und Brechung des Lichtes bald in Schnee- oder Hagelwolken, bald in vertikal in der Luft schwebenden Eispnadeln zu erklären gesucht. Allein wie waren diese Voraussetzungen möglich? — *Brandes* sucht sie daher ebenfalls aus der Reflexion und Brechung des Lichtes in Dunstkügelchen, *Jordan* aber aus der *Beugung* des Lichtes, wie die Höfe, zu erklären.

114. Nachdem wir bereits am Ende der Abhandlung über den Lichtstoff sind, bleibt uns noch die schwere Frage übrig: „Was ist denn die Ursache des Lichtes? — Ist sie materiel, oder nicht?“ — Um diese Frage zu beantworten, hat man verschiedene Hypothesen gebaut. *Newton* [eigentlicher seine Anhänger] gründete das sogenannte *Emanationssystem*. Er dachte sich das Licht als eine eigene höchst feine Materie, die aus *diskreten* Theilen zusammengesetzt ist, und gleichsam tropfenweise von der Sonne aus-

ausgegossen, auf den Körpern reflektirt, und so in unser Aug' gebracht wird. Um die Erscheinung der Farben zu erklären, nimmt er an, das weisse Sonnenlicht bestehe aus 7 heterogenen Strahlen, deren jeder eine eigene Brechbarkeit hat, und einen eigenen Eindruck in unserm Auge hervorbringt.

Dieses System hat erst jüngsthin an *Fries* einen eifrigen Vertheidiger gefunden. Man mufs gestehen, das *Fries* mit vielem Schaffinne die Einwürfe zu heben sucht, besonders da er die Dynamik dazu zu Hilfe nimmt. Indessen, wenn schon durch einen vielleicht in seinen Grundlagen fehlerhaften Kalkul mag bewiesen werden, das die Sonne durch dieses beständige Abgeben von Materie seit ihrem Daseyn nicht kleiner habe werden können, so widerspricht doch diese Theorie der oben [27.] bewiesenen Stätigkeit des Lichtes, womit sie nothwendig selbst zusammenfällt.

115. *Richter*, *Leonhardi* und *Gren* denken sich das reine Licht als einen gemischten und zusammengesetzten Stoff. *Richter* nimmt eine eigene Basis des Lichtes an, die einen Bestandtheil der entzündlichen Körper ausmacht, mit dem Wärmestoff sich in verschiedenen Verhältnissen mischen kann, und in der Uibersättigung mit demselben das Phönomen des Feners, in

in verschiedenen Graden der Mischung die Farben, im Sättigungsgrade das weisse Licht giebt.

Hermbstädt stellt sich den Lichtstoff als nicht flüchtig vor, läßt ihn aber durch Mischung mit dem Wärmestoff flüchtig werden, wo er dann in verschiedenen Graden zu verschiedenen Stoffen Verwandtschaft hat. Den Grund der prismatischen Farben findet er in der Zerlegung oder Entmischung des, wie er es nennt, neutralen [weissen] Lichtes.

Diese Hypothesen bringen uns, wie man leicht sieht, der Gewissheit nicht näher, und sind vielleicht nur darin wahrscheinlicher, daß sie doch den Lichtstoff als einen [entweder unmittelbar, oder mittelbar] ausdehnbaren Stoff annehmen.

116. Gegen die Art der Fortpflanzung in dem Emanationsystem macht *Regner* nicht unmerkwürdige Einwürfe. Wenn wir nemlich das Licht durch Reflexion von den dunkeln Himmelskörpern, z. B. dem Monde erhalten, so sollten wir immer das Bild der Sonne sehen, weil der Mond als Spiegel wirkt, wir sollten die Oberfläche bei verschiedenen Lagen des Mondes auch verschieden sehen, die Bewohner der Sonne würden von dem ganzen Sonnensystem nichts sehen können. — Daher nimmt er

er den Lichtstoff als einen ausdehnbaren Stoff an, ohne sich aber um die Natur desselben zu bekümmern, und schreibt die Fortpflanzung desselben der Anziehung der beleuchteten Gegenstände, und der ungeheuren Elastizität des Lichtstoffes selbst zu. Er beweist mathematisch, daß diese beiden satzhaft hinreichen, dem Lichtstoffe seine ungeheure Geschwindigkeit zu geben, und beugt durch das gegenseitige Anziehen der Himmelskörper dem Einwurfe [vor, daß die Masse des Lichtes auf diese Art immer abnehmen müsse, so, wie er sich auf die Erfahrung beruft, wenn man eine Verwirrung beim Durchkreuzen der in verschiedenen Richtungen sich bewegendenden Strahlen fürchtet.

II 7. *Descartes* und *Euler* verwarfen die Annahme eines materiellen Lichtprinzipes, erklärten die Phänomene aus der Bewegung einer eigenen im Weltraume allenthalben verbreiteten feinen Materie [Aether], und gründeten das sogenannte *Vibrationssystem*. *Descartes* nahm nemlich an, durch die leuchtenden Körper werden geradenlinichte Reihen von Kügelchen nach allen Seiten in Schwingungen gebracht, die sich momentan fortpflanzen. Er hatte diese Kügelchen als hart angenommen, seine Anhänger in der Folge als elastisch. Dadurch ergab sich eine Erklärung des Lichtes analog der Erklärung des Schalles.

In dieser Voraussetzung erhielt das Vibrations-System durch *Euler* neue Zusätze und Verbesserungen. Allein mit so vielem Scharffinn auch *Euler* seine Theorie begründete, so führt er uns doch da, wo er einen Stoff [den Lichtstoff] aus der Naturlehre verdrängt, einen neuen, eben so wenig darstellbaren [den Aether] auf, zu geschweigen, daß die geradlinichte Fortpflanzung des Lichtes, die Nichtstörung der Planetenbewegung, und die Deutlichkeit des Sehens in diesem Systeme nicht leicht erklärbar ist.

118. Diesen beiden Theorien gegenüber steht die von *Wagner* aus der Dynamik hergeleitete, in welcher Expansiv [Repulsiv] Kraft als einzige Ursache aller Erscheinungen des Lichtes angegeben wird, und die ich hier in einem gedrängten Auszuge liefere.

Alle diese Erscheinungen reduzieren sich auf a) Reflexion, b) Beugung, und c) Brechung [35. aa.], welche sich unter der hier angegebenen Voraussetzung sehr leicht erklären lassen; denn

- a) die Repulsivkraft wirkt vom Mittelpunkte allseitig [in Sphæram], und gegen bestimmte Punkte nach geraden Linien [den Radien], und muß, wenn sie in ihrer Wirkung auf ein Hinderniß trifft, in die entgegengesetzte Richtung gebracht, d. i. *reflektirt* werden.
- Hinder-

Hinderniß für eine Kraft kann nur selbst wieder eine entgegengesetzte Kraft seyn. Freie, oder doch in ihrer natürlichen Richtung gefesselte Expansivkraft kann daher nicht Grund der Reflexion seyn, sondern die Körper, in welchen die Expansivkraft am freiesten ist, [harte und flüssige] am wenigsten reflektiren, d. i. die *durchsichtigsten* seyn.

Die Ursache der Durchsichtigkeit ist dem zu Folge das Verschwinden der Cohärenz, daher auch kein absolut undurchsichtiger möglich, und die Durchsichtigkeit im umgekehrten Verhältniß der Cohärenz [ursprünglich], und eben darum auch [abgeleitet] der Masse.

b) Die wirkliche Oberfläche der Körper, auch der polirtesten, ist immer voll merkbarer Höhen und Tiefen, und ihr allein kann und muß die *Beugung* des Lichtes zugeschrieben werden. Durch sie werden schief einfallende Lichtstrahlen, noch ehe sie die scheinbare Oberfläche des Körpers berühren, gekrümmt, und dann wieder reflektirt in einer Entfernung, die von der Glattheit und Durchsichtigkeit der Körper abhängt.

Die von *Grimaldi* und *Newton* [74.a,b,c,d,e,f] beobachteten Phänomene der Beugung des Lichtes, nemlich der größere Schatten, und die farbigten Lichtsäume haben ihren Grund darin, daß

dass einiges Licht noch reflektirt, das übrige gebrochen wird. An dem ersten ist wohl der Einfallswinkel, am zweiten der Parallelismus der Strahlen Schuld.

c) Wenn das Licht von einem Körper gebrochen wird, so muss es seine ihm eigene gerade Richtung verlassen. Die Ursache davon muss also mit der Ursache der Beugung eine und die nehmliche, d. i. Cohärenz seyn, daher auch cohärentere Körper das Licht mehr brechen müssen, und das Licht bei dem Uibergang aus einem mehr in einen weniger cohärenten *vom*, im entgegengesetzten Falle aber *zum* Einfallslothe, im nehmlichen Stoffe aber gar nicht mehr gebrochen werden.

Je schiefer die Expansivkraft auf ein weniger cohärentes Medium wirkt, desto mehr wird sie geschwächt, und wird daher bei einem sehr kleinen Einfallswinkel anstatt gebrochen zu werden, reflektirt.

Je mehr ein Körper erwärmt wird, desto freier wird die Expansivkraft, und desto kleiner der Unterschied zwischen seiner, und der ihn umgebenden kältern Körper Cohärenz, desto gröffer also auch sein Brechungsvermögen.

Die Erklärung des Newton'schen Farbenlichtes wird in dieser Ansicht sehr leicht,
wenn

wenn man noch, was aus dem Begriffe der Cohärenz folgt, hinzusetzt, daß sie im Verhältniß der Masse wächst; denn nun ist's offenbar, daß die Repulsivkraft da, wo sie den größten Weg durch das Glas zu machen hat, am meisten, und umgekehrt, gebrochen werden muß.

Aber dann ist im Lichte weder vor, noch nach der Brechung eine Farbe, sondern die Farben sind nur das Phänomen der durch verschiedene Cohärenz mehr, oder weniger gehemmten Expansivkraft, und wir sehen die Körper nur dadurch gefärbt, daß die verschiedenen Durchsichtigkeiten ihrer wirklichen Oberfläche gerade den Grad der Brechbarkeit möglich machen, der einer bestimmten Farbe entspricht.

Als Resultat aus dem Ganzen folgt, a) daß das Licht selbst unsichtbar seyn müsse. — Wir sehen auch nicht das Licht, sondern die beleuchteten Körper. Sogenannte sichtbare, oder sogar gefärbte Strahlen sind nichts, als der unsichtbare Weg, den die Expansivkraft nach einem bestimmten Punkt nimmt, auf dem sie durch die Medien, durch welche sie geht, verschieden modificirt [zur Farbe] wird.

b) Es folgt, daß sich überall Licht entwickeln müsse, wo Expansivkraft frei wird, d. i.
bei

bei Cohärenzveränderungen, die entweder mechanisch, oder chemisch bewirkt werden können.

119. Der dritte sogenannte incoercible ausdehnbare Stoff ist der bekannte

Elektrische Stoff,

welcher die Ursache der sogenannten elektrischen Erscheinungen, welche *Thales* zuerst an dem Bernstein (*εληκτρον*) bemerkt hat, seyn soll.

120. Die Phänomene, unter welchen sich der elektrische Stoff äußert, sind a) Anziehung und Zurückstoßung kleiner Körper, b) eine besondere Empfindung im Gesichte, c) phosphorähnlicher Geruch, und d) ein Funken, der in dem genäherten Knöchel ein Stechen verursacht.

Zusatz. Im Kleinen treten diese Phänomene an geriebenen Glas- und Harzstangen hervor.

121. Einige Körper äußern, wenn sie unter gewissen Umständen mit einem elektrisirten in Berührung kommen, die nemlichen Phänomene, z. B. ein auf Glas gestellter metallischer Zylinder — andere geben diese nicht, z. B. ein Glaszylinder. Die ersten gestatten daher dem elektri-

elektrischen Stoffe den Durchgang durch sich und nehmen ihn in sich auf, die zweiten nicht. Die ersten heißen daher auch *Elektricitätsleiter* [Conduktoren], die zweiten aber *Nichtleiter*.

Zusatz 1. Priestley, und Cavallo haben ganze Tabellen über das grössere, oder kleinere Leitungsvermögen der Körper durch Versuche entworfen. — Vorzüglich zeichnen sich als gute Leiter aus die Metalle, thierische Säfte, und alle Flüssigkeiten, trockene Luft, und Oele ausgenommen. — Die besten Nichtleiter sind Glas, Seide und Hartz.

Zusatz 2. Körper, die nur sehr wenig leiten, heißen Halbleiter, und man sieht leicht, daß unter verschiedenen Umständen der nehmliche Körper bald ein guter, bald ein schlechter Leiter seyn kann. Trocknes Holz z. B. ist ein schlechter, nasses aber ein guter Leiter.

Zusatz 3. Ein guter Leiter giebt seinen elektrischen Stoff an einen ihn berührenden, und mit der Erde in Verbindung stehenden auf einmal ab.

Zusatz 4. Von einem Körper, der von lauter Nichtleitern umgeben ist, sagt man, er sey auf einer *Insel*, *isolirt*.

122. Elektrifirt man zwei durch hänfene Bindfäden an einem Glasfängelchen aufgehängene Korkkügelchen durch eine geriebene Glas- oder Siegellakstange, so *stossen sie sich einander ab* [fliehen sich]. — Elektrifirt man aber das eine Kügelchen mit Glas, das andere mit Siegellak, so *ziehen sie sich an*. Es muß daher zwischen den Elektrizitäten des Glases, und des Siegellakes ein Unterschied seyn, so, daß sie sich einander freundlich begegnen.

Franklin nannte die im Glase erregte *positive*, die im Siegellak erregte aber *negative* Elektrizität, welches *Lichtenberg* durch $\oplus E$, und $\ominus E$ ausdrückt.

Zusatz 1. Merkwürdig sind *Bergmann's* hiehergehörige Beobachtungen, nach welchen sich $\oplus E$ in Strahlenbüscheln, $\ominus E$ aber als ein matter leuchtender Punkt darstellt. Bringt man dem $\oplus E$ einen isolirenden Körper gegenüber, so zeigt sich ein Stern mit Strahlen, die vom Mittelpunkte ausgehen, bringt man ihn aber dem $\ominus E$ gegenüber, so zeigt sich nur ein Ring, der entweder keine, oder von der Peripherie zum Mittelpunkte gekehrte Strahlen hat.

Zusatz 2. Nicht weniger merkwürdig, und *Bergmann's* Beobachtungen analog sind *Lichtenberg's* Figuren, welche $\oplus E$, und $\ominus E$ geben, und
bei

bei $-E$ offenbar auf Zusammenziehung, bei $+E$ aber auf Zerstreung hinweisen.

123. Ohne über die Natur des elektrischen Stoffes etwas auszusagen, dachte sich ihn *Franklin* in allen Körpern verbreitet, und da, wo die elektrischen Phänomene nicht hervortreten, im Gleichgewichte [die Körper im natürlich - elektrischen Zustande]. Wird dieser Stoff in einem Körper über das Gleichgewicht *angehäuft* [aufgeregt], so strebt er zum Gleichgewicht mit allen übrigen Körpern, und vertheilt sich wieder unter dieselbe. Wird er hingegen einem Körper bis unter das Gleichgewicht *entzogen* [gebunden], so wird er von andern Körpern wieder ersetzt. Der Zustand des Uiberschusses giebt $+E$, der Zustand des Mangels unter dem Gleichgewichte giebt $-E$, und *Franklin* hat also nur einen Stoff nothwendig, um die elektrischen Phänomene zu erklären. Diese Voraussetzung unterschreiben die meisten Physiker, obwohl auch andere mit *Symer* zwei einander entgegengesetzte elektrische Stoffe für $+E$, und $-E$ annehmen. Die zwei Stoffe heben sich wie $+a$, und $-b$ einander auf, wenn $a = b$, geben aber $+E$, oder $-E$, je nachdem $a > b$, oder $b > a$ ist. Man kann nicht läugnen, daß sich bei dieser Voraussetzung die Phänomene sehr gut

gut erklären lassen, obwohl *Franklin's* Hypothese der Einfachheit der Natur näher kömmt, wenn je das Prinzip der elektrischen Phänomene materiel seyn soll.

124. Die Erfahrung lehrt, daß, je nachdem ein Körper mit verschiedenen andern gerieben wird, bald $\oplus$ E, bald $\ominus$ E giebt, und *Adam* hat darüber durch Versuche folgendes Verzeichniß entworfen.

Katzenhaar $\oplus$ mit jedem Stoffe.

Glattes Glas $\oplus$ mit jedem Stoffe, Katzenhaare ausgenommen.

Mattes Glas

$\oplus$ mit trockner Wachstaffet, Schwefel - Metalle,

$\ominus$ mit Wollenzeug, Federkiel, Holz, Papier, Siegellak, weißes Wachs, der Hand.

Turmalin

$\oplus$ mit Bernstein, Luft, die mit Blasebälgen darauf bläst,

$\ominus$ mit Diamant, und der Hand.

Haafenfell

$\oplus$ mit Metallen, Seide, Magnetstein, Leder, der Hand, Papier, gedörrten Holz,

$\ominus$ mit andern feinem Fellen.
Weisse

Weisse Seide { + mit schwarzer Seide , Me-
tallen , schwarzem Tuche,
— mit Papier , der Hand,
Haaren , Wiefelfell.

Schwarze Seide { + mit Siegellak
— mit Fellen , Magnetstein,
Messing , Silber , Eisen, der
Hand.

Siegellak { + mit Metallen,
— mit Fellen , der Hand,
Leder , Wollenzeug , Pa-
pier.

Gedörrtes Holz { + mit Seide,
— mit Flanell.

125. Auffallender, als bei dem Elektrifiren mit Glas - und Siegellakstangen zeigen sich die elektrischen Phänomene [120.] an den *Elektrifirmaschinen*, deren wesentliche Theile a) der elektrische Körper, b) die mechanische Vorrichtung, ihn zu bewegen, c) das Küssen, oder der Reibzeug mit Zugehör, und d) der erste Leiter sind.

Zusatz 1. Beschreibung solcher Maschinen, und ihrer Einrichtung. — Scheiben - Kugel - Zylinder-
maschinen.

maschinen. — Art, und Weise nach Belieben
 $\pm$ E, oder — E zu erhalten.

Zusatz 2. Hieraus erklärt sich leicht das Auseinandergehen in einem Büschel gebundener Federn, Bindfäden, oder Korkkügelchen, der sogenannte elektrische Tanz, das Läuten am elektrischen Glockenspiele u. dgl.

126. Stellt man zwei metallene isolirte Röhren mit Korkkügelchen miteinander in Berührung, und hält eine geriebene Glasstange über die eine, so wird, wenn man die Röhren auseinander rückt, das Korkkügelchenpaar dieser Röhre positiv, das der zwoten aber negativ seyn.

Stellt man aber drei solche Röhren zusammen, und über die mittlere die Glasstange, so wird nach dem Auseinanderrücken die mittlere — E, die beiden andern aber $\pm$ E zeigen, und bei vier solchen Röhren, wenn die Glasstange über die erste gehalten wird, die erste und dritte — E, die zwote und vierte $\pm$ E geben.

Bringt man ungefähr auf einen Zoll an das Ende eines massiven 6 Fufe langen, und ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll dicken Glaszylinder, an dem in gleichen Entfernungen verschiedene Paare Korkkügelchen aufgehangen sind, eine geriebene Glasstange. so findet man in kurtzer Zeit die Elektrizitäten

trizitäten der Kugeln verändert, indem sich $+ E$ in $- E$, und $- E$ in $+ E$ verwandelt.

Diese von *Wilson* angestellte Versuche führen auf das allgemeine Gesetz, daß Körper, die in die Wirkungssphäre eines elektrischen Körpers eintreten, die entgegengesetzte Elektrizität annehmen.

127. Nach diesen allgemeinen Vorderfätzen haben wir in's besondere die elektrischen Phänomene an den vorzüglichsten elektrischen Instrumenten zu erklären. Diese sind I. die *Leidnerflasche*, II. der *Elektrophor*, III. der *Condensator*, und IV. der *Duplikator*.

128. Die *Leidnerflasche* von dem Orte ihrer Erfindung, sonst auch von ihrem Erfinder der *Kleist'sche Versuch* genannt, ist ein gläsernes Gefäß, dessen innere, und äußere Fläche mit einem leitenden Stoffe [am bequemsten Stanniol] überzogen ist, so, daß eine Verbindung zwischen dem innern Belege, und dem ersten Leiter hergestellt werden kann, um sie bei der Bewegung der Maschine schnell zu laden.

Ist dies geschehen, und bringt man das äußere und innere Belege durch einen Leiter, den man *Auslader* nennt, in Verbindung, so entsteht ein Funke, der mit einem sehr wahrnehm-

nehmbaren Geräusche verbunden ist, und die Flasche giebt nun kein Zeichen der Elektrizität mehr. Vertreten die Hände eines, oder mehrerer mit einander in Berührung stehender Menschen die Stelle des Ausladers, so fühlt man eine plötzliche sonderbare Empfindung durch die Gelenke, und durch die Brust.

Diese Phänomene lassen sich nach dem bereits [123. 126.] gesagten leicht erklären. Das innere Belege wird nemlich positiv, folglich die innere Fläche des Glases negativ, die äußere positiv, und das äußere Belege negativ. Werden beide Belege mit einander in Verbindung gesetzt, so wird $+$ E des innern Beleges zum $-$ E des äußern übergehen, und dadurch Gleichgewicht [natürlicher Zustand] hergestellt werden.

Zusatz 1. Diese Erklärung bestätigt sich durch viele Versuche. Eine isolirte Flasche z. B. kann nicht geladen werden. — Eine Flasche mit dem äußern Belege in Verbindung ladet sich eben so, wie die erste. — Die innern Belege zweier gleichgeladenen Flaschen geben keinen Funken. — Zwei isolirte Flaschen, deren äußere Belege mit einander verbunden sind, laden sich mit entgegengesetzten Elektrizitäten, wenn an dem innern Belege einer Flasche auf was immer für eine Art eine Ableitung angebracht wird, u. s. w.

Zusatz 2. Das Geräusch bei dem Entstehen des Funkens ist ohne Zweifel dem Widerstand der Luft, die Empfindung an den Gelenken aber dem Widerstand einiger nicht leitenden Theile zuzuschreiben.

Zusatz 3. Eine Verbindung mehrerer Flaschen heisst eine *Batterie*. Die Wirkungen einer Batterie gehen sehr in's Groesse. — Ein dünner Lyoner Drath schmilzt, ein dickerer wird glühend. — Eine feine Nadel erhält magnetische Eigenschaften, eine magnetische verliert sie. — Aneinander gepresste Glasplättchen mit eingeschobenen unterbrochenen Staniolplättchen werden zerschmettert, u. s. w.

Zusatz 4. Einrichtung der *Sperrflaschen*.

129. II. Der *Elektrophor* [Elektrizitätsträger], den wir *Volta* zu verdanken haben, hat seinen Namen daher, weil er die einmal erhaltene Elektrizität lange Zeit behält. Seine wesentlichen Theile sind a) ein leitendes Gefäß, in dem b) ein Hartzkuchen eingegossen ist, und c) die sogenannte Trommel, die ein leitender Körper ist, der an einem isolirenden Körper in die Höhe gehoben werden kann.

Wird ein Elektrophor mit Katzenfell, oder Fuchsruthen gerieben, so giebt er *unisolirt* folgende Phänomene:

1) Wird

1) Wird die Trommel aufgesetzt, und wieder aufgehoben, ohne sie vorher mit dem Finger, oder einem andern Leiter berührt zu haben, so giebt sie kein Zeichen der Elektrizität;

2) berührt man sie aber mit einem Leiter, so zeigt sich bei der Berührung ein Funke, und sie giebt nach der Aufhebung Zeichen von $+$ E.

3) So lange die Trommel auf dem Kuchen liegt, äußert sie keine Wirkung.

Diese Phänomene lassen sich aus dem obigen leicht erklären. Der Kuchen hat nemlich $-$ E, tritt die Trommel in seine Wirkungssphäre, so bekommt ihr unterer Theil $+$ E, der obere also $-$ E, ohne Berührung wird also beim Zurücktretten der Trommel wieder Gleichgewicht hergestellt, durch eine Berührung aber der obere Theil in den natürlichen Zustand kommen, beim Zurücktretten also die ganze Trommel $+$ E äußern. Bleibt die Trommel aber auf dem Kuchen liegen, so bleibt nach einer Berührung der obere Theil derselben im natürlichen Zustande, und kann bei einer neuen Berührung eines Leiters weder $+$ E noch $-$ E geben.

130. Ist hingegen der Elektrophor *isolirt*, so wird nach Aufsetzung der Trommel a) ein negatives

negatives Korkkugelchen von dem Gefäße angezogen, b) die Trommel erhält aus der Hand ein sehr kleines Fünkelchen, daher ist auch c) der Funken nach der Aufhebung der Trommel viel kleiner, als bei dem nicht isolirten Elektrophor, aber das Gefäß selbst giebt d) während des Aufliegens der Trommel ein Fünkelchen, und einen größern Funken, wenn Gefäß und Trommel zugleich berührt werden, folglich auch nach Aufhebung der Trommel einen größern als zuvor. — Die Erklärung dieser Phänomene liegt so nahe, daß man sie nach dem bereits Gesagten leicht übersehen kann.

Zusatz 1. An großen Elektrophoren zeigt eine am Gefäß angebrachte Spitze ein Strahlenbüschel, also $+E$, eine an der Trommel angebrachte aber einen beleuchtenden Punkt, also $-E$ [129.]

Zusatz 2. Glas anstatt des Hartzes angewendet, giebt einen Elektrophor, der gerade die entgegengesetzten Elektrizitäten giebt, weil Glas $+E$ giebt.

Zusatz 3. Weber's sogenannter Luftelektrophor, der aus einer auf einem Rahmen ausgespannten Glanzleinwand, Wollenzeug, u. dgl. besteht.

131. III. Der *Condensator*, ebenfalls eine Erfindung von *Volta* dient dazu, eine unmerkliche Elektrizität merkbar, und stärker zu machen. Er besteht aus einer schlechtleitenden Platte, z. B. überfirnistem Marmor, über eine Rahme gespanntem Papier, überfirnistem Holz, u. s. w. und einer metallenen Trommel, wie bei dem Elektrophor.

Durch diese Verbindung eines Leiters mit einem schlechten Leiter wird nach *Volta* selbst der Leiter der Elektrizität a) *kapacer*, und b) *tenacer*; denn a) die Trommel nimmt in dieser Verbindung mehr Elektrizität auf, als isolirt, und giebt einen Funken, wenn man ihn mit einer schon entladenen Flasche berührt hat, und b) behält die Elektrizität länger, als isolirt, verliert sie sogar nicht, wenn man sie öfter mit einem Leiter berührt.

Die Erklärung dieser Erscheinungen liegt wieder in den Wirkungssphären; denn hat die Trommel $\pm E$ erhalten, so wird die obere Schichte der Platte $-E$ haben, und die $\pm E$ der Trommel dahinstreben. Dadurch erhält die obere Schichte der Trommel $-E$, wird also mehr befähigt, Elektrizität aufzunehmen. Weil die obere Schichte der Platte negativ, jeder Leiter aber im natürlichen Zustande ist, so wird die Differenz des Strebens gegen $-E$ größer

größer seyn, die Elektrizität also nicht dem Leiter mitgetheilt, sondern am — E der Platte angehäuft bleiben.

Zusatz. Verschiedene Anrichtungen zu Condensatoren.

132. IV. Eine der vorigen analoge Anrichtung ist der *Duplikator* [Elektrizitätsverdopler], welche ebenfalls unmerkliche Elektrizität verstärken soll. Sie besteht aus drei mit Silberpapier, oder Stanifolium überzogenen Scheiben A, B, C von 4 — 5 Zoll Durchmesser, von welchen A nach oben, B an der Seite, C nach unten eine Glas- oder Siegellakflange hat. Ueberdies ist die obere Seite von A, beide Seiten von B, und die untere Seite von C mit dünnen Firniß überzogen.

Will man mit diesem Instrumente einen Versuch machen, so wird B auf A gesetzt, der Körper, dessen Elektrizität untersucht werden soll, an die untere Seite von A, ein Finger aber auf B gebracht. Ist nach dieser Berührung der Körper von A, und der Finger von B wieder weggebracht, so setzt man Ψ C auf B, nimmt beide isolirt von A weg, und berührt C. Jetzt stellt man B und C wieder auf A, hebt C in die Höhe, und bringt ihre Elektrizität an die untere Seite von A, während man B mit dem Finger berührt, und fängt die Manipulation wieder

von Ψ an. Wiederholt man sie einigemale, so auflert sich die vorher unmerkliche Elektrizität. — Die Erklärung dieser Erscheinungen an dem Duplikator gründet sich auf die des Elektrophor, und des Condensators [129—131].

Zusatz. Die verstärkte Elektrizität am Dupplika-
tor zu beobachten, dient am besten das sogenannte Goldblättchen — Elektrometer [Mikro-
elektrometer]. — Beschreibung desselben in der
Vorlesung!

133. Merkwürdig sind die *chemischen* Wirkungen
der Elektrizität.

a) Wir kennen bereits [128. Zus. 3.] das Schmel-
zen eines feinen Gold- oder Silberdrathes,
wobei die mit einem Papier aufgefangenen
Metallkügelchen Brandfleken zurücke lassen.
Im Gegentheil haben verschiedene Physiker,
besonders *Charles*, und *van Marum* die Metalle
selbst in Wasserstoff- und Salpetergas oxydirt,
und *Milly* und *van Marum* oxydirte unedle
Metalle, Eisen ausgenommen, reduzirt. —
Dass Weingeist, Schwefelæther, Wasserstoff-
gas, u. s. w. durch einen einfachen elek-
trischen Funken entzündet werden, ist eine
bekannte Sache.

b) Einige Physiker, z. B. *Ingenhousz* läugnen
zwar, dass Elektrizität auf die Vegetation
Einfluss

Einfluss habe. Allein aus den Versuchen sowohl älterer Physiker *Nollet*, *Runeburg*, u. f. w. als der neueren *Bertholon*, *Mauduyt*, u. aa. ist das Befördern der Vegetation durch Elektrizität kaum zu bezweifeln, indem sie elektrisirte Sämereien um 36 Stunden früher keimen, und die Pflanzen höher wachsen sahen, als von nichtelektrisirten. — Indessen blieben solche Pflanzen immer bleichsüchtig.

c) Tropfbarflüssige dünnen besonders in gutleitenden Gefäßen elektrisirt mehr aus, als nichtelektrisirte. — Aus einem Gefäße, das in ein Haarröhrchen sich endet, und das Wasser nur Tropfenweise durch läßt, läuft es elektrisirt in einem continuirlichen Strome aus — eben so aus einem Schwamm, u. f. w. — Aus allen Arten von Oelen entwickelt sich nach *Priestley's* Erfahrung durch Elektrizität Wasserstoffgas, und *van Trostwyk* zerlegte dadurch Wasser in ein Gemenge von Sauer- und Wasserstoffgas, das durch einen neuen Schlag wieder zu Wasser wurde.

d) Als *Priestley* durch eine mit Lakmustinktur zur Hälfte gefüllte Glasröhre einige elektrische Funken gehen liefs, so farbte sie sich am Theile, der mit der Luft in Berührung war, roth, welches nicht geschah, wenn er alle Luft auschlofs. *Priestley* schlofs sehr natürlich

lich auf eine Zerfetzung der atmosphärischen Luft, um so mehr, da das Volumen derselben um $\frac{1}{5}$ kleiner wurde, und unathembares Gas [Stikstoffgas] zurückblieb. — Aus Amoniakalgas erhielt *Priestley* immer Wasserstoffgas. — Kohlensaures Gas ändert sich in ein mit Wasser nicht mehr mischbares um, wobei die mit Quekfilber gesperrte Röhre mit einem schwarzen Stoffe, der Quekfilberoxyd ist, überzogen wurde. — *Cavendish* verwandelte ein Gemenge von Sauer- und Stikstoffgas in Salpetersäure. — Läßt man einen elektrischen Funken durch verschiedene Gasarten gehen, so erscheint er unter verschiedenen Farben, z. B. weiß im kohlen-sauren, purpurroth in Amoniakal- und Wasserstoffgas, u. s. w.

- c) *Adam*, und *van Marum* fanden, dafs ein fahrenheitisches Thermometer, auf dessen Kugel sie einen continuirlichen Strom von Elektrizität fallen liefsen, um 42° , und sogar 170° stieg.

Diese Erfahrungen scheinen die chemische Wirkung des elektrischen Stoffes außer Zweifel zu setzen. Indessen ist die Anwendung der Elektrizität auf Chemie, wie *Priestley* sehr richtig bemerkt, noch in der Kindheit.

134. Von den Erscheinungen des elektrischen Stoffes, wenn er künstlich erregt wird, gehen wir hinüber zu seinen Erscheinungen in der grossen Natur. *Franklin* war der erste, welcher den Satz „es giebt elektrischen Stoff in der Atmosphäre“ bestimmt aussprach. Von nun an war man immer beschäftigt, theils die Wahrheit dieses Satzes, theils die Art der vorhandenen Elektrizität zu untersuchen. Am meisten in dieser Sache haben *Franklin* selbst, *Beccaria*, *Cavallo* und *Achard* gethan. Die Instrumente, mit welchen diese Untersuchungen gemacht werden, nennt man *Exploratoren* der Elektrizität, die entweder *tragbare*, oder *beständige* sind. Zu den ersten gehören der von *Franklin* schon gebrauchte elektrische Drache, und *Cavallo's* Regenelektrometer, zu den zweiten *Richmann's* Anrichtung, durch die er den 6ten August 1762 seinen Tod fand, und der von *Hemmer* auf dem hohen Peissenberg in Baiern angelegte, und von *Schwaiger* beschriebene musterhafte Explorator.

Zusatz 1. Beschreibung dieser Instrumente.

Zusatz 2. Die vorzüglichste bis jetzt gefundene Resultate aus der Beobachtung der Exploratoren sind: a) Es giebt in der Atmosphäre zu allen Zeiten Elektrizität, aber meistens $\pm$ E, die bei kaltem heiterm Wetter, und in der Höhe stärker

stärker ist, b) sie scheint einen regulären Gang zu beobachten, und mit dem Steigen der Sonne stärker zu werden, c) am Abend zeigt sich gleich nach Sonnenuntergang mit Anfang des Thaues Elektrizität, welche bei gemäßsigtem Wetter geschwind, bei kühlem Wetter, Trockenheit, und mäßigem Winde nur sehr langsam verschwindet.

135. Die atmosphärische Elektrizität äußert sich auf eine prächtige Weise bei Gewittern in dem Blitze. Wir haben wohl das Recht, von den ganz ähnlichen Wirkungen, welche wir bei dem Blitze, und an unsern stärkern elektrischen Maschinen wahrnehmen, auf die nehmliche Ursache für beide zu schließen.

Zusatz. Nachweisung dieser Aehnlichkeit an einem *Donnerhause* in der Vorlesung!

136. So ähnlich indessen die Wirkungen! (der natürlichen und künstlichen Elektrizität sind, so entstehen sie doch wohl auf ganz verschiedene Art. Unsere künstliche erhalten wir durch Reibung, und man glaubte sehr leicht, auch die natürliche müsse durch Reibung entstehen. Die Dünste nun, sagte man, steigen empor, dadurch entsteht Reibung, und durch sie Elektrizität. Allein Reibung widerspricht dem Begriffe jeder tropfbaren und elastischen Flüssigkeit. Also — —

137. *Volta* hatte [II. Abth. 67.] entdeckt, daß glühende Körper [z. B. Kohlen], die man mit Wasser bespritzt, nach dem Verdünsten desselben — E zeigen, und schloß nun, daß die Dünste die Elektrizität von der Erde [gleichsam dem Elektrizitätsbehälter] in die Atmosphäre übertragen.

Wird nun die Elektrizität in einer Wolke angehäuft, in einer andern erschöpft [$+$ E und $-$ E], so geht $+$ E mit Gewalt zu $-$ E über, und es entsteht dadurch ein Blitz von einer Wolke zur andern, oder zwischen Wolke und Erde, von jener zu dieser, oder umgekehrt, je nachdem die eine in Vergleichung der andern $+$ E, oder $-$ E hat. Allein

1) *de Luc* fragt, ob die Elektrizität im freien, oder gebundenen Zustande in die Atmosphäre getragen werde? — Da sie im freien Zustande sogleich an die an der Oberfläche der Erde angehäuften Dunstmasse abgegeben, bei ihrem Aufsteigen im gebundenen Zustande aber in der Zersetzung der Dünste zu Regen gegen die Erfahrung immer elektrische Phänomene geben, oder wenigst beim Regen die Elektrizität stärker, als bei heiterm Wetter gefunden werden müßte, was ebenfalls gegen alle Erfahrung ist [134. Zus. 2.], so läugnet *de Luc*

Luc diese Entstehungsart der natürlichen Elektrizität.

2) Wollte man sagen, die Elektrizität werde dann frei, wenn sich die Dünste zu Wolken verwandeln, so müßte die Wahrnehmung derselben mit der Entstehung der Wolken parallel gehen — und doch beobachtet man bei heiterm Himmel die stärkste Elektrizität.

3) Da die Wolken bei einem Gewitter ein leitendes Ganzes bilden, so ist der Unterschied zwischen —, und + Wolken ungreiflich, wenigst müßte dieser Unterschied nach dem ersten Blitze aufhören.

4) In Gebirgen wäre gar kein Gewitter möglich, weil die Wolken ihr — E an die Berge, an welchen sie herumziehen, und anliegen, langsam abgeben müßten.

5) Selbst auf dem flachen Lande könnte, so bald es zu regnen anfängt, kein Blitz mehr entstehen, weil die Elektrizität durch die fallenden Regentropfen, als gute Leiter der Erde zugeführt werden müßte.

138. Alle diese Gründe scheinen die Volta'sche Erklärungsart der Gewitter, und das Daseyn der Elektrizität als solcher umzustossen, und machen höchst wahrscheinlich, daß dieser Stoff erst bei seinem Erscheinen in der Natur gebildet

det werde, obwohl das, aus was er sich bildet, immer da seyn mag, ungefähr [vielleicht] so, wie die Gasarten, welche z. B. bei Entzündung des Schießpulvers erscheinen, erst im Augenblicke der Entzündung gebildet werden.

Nach dieser Vorstellungsart wäre aber der Blitz nicht eine Entladung, sondern eine Erzeugung, nicht eine progressive Bewegung, sondern ein beinahe momentanes Zugleichentstehen der Elektrizität an verschiedenen Orten, so, daß gewisse Körper ihr nicht den Weg, den sie nehmen, sondern den Ort, an dem sie entstehen muß, bezeichnen können.

Es mag aber das eine, oder andere wahr seyn, so folgt doch auch die natürliche Elektrizität nach ihrem Entstehen immer den Gesetzen der künstlichen.

139. Den Blitz begleitet immer ein dumpfes Geräusch; aber es ist uns vielleicht noch weniger erklärbar, als der Blitz. Wir nennen dieses Geräusche *Donner*, und man erklärte ihn durch einen Widerhall an den Wolken, wie das vervielfältigte Knallen einer Kanone durch Widerhall an Gebürgen, u. s. w. — Allein der Blitz mag nun Entladung, oder Erzeugung der Elektrizität seyn [138.], so wird durch ihn höchstens die Luft *gespalten*, welches ein nachfolgendes Zusammenfallen [Platzen] der Luft hervor-

hervorbringt. Allerdings wird diese Bewegung der angrenzenden Luft mitgetheilt, und zu unserm Ohr gebracht, wodurch uns das Hören des ersten *Krachs* des Donners möglich wird. Aber zwischen einem reflektirenden festen Hindernisse, und der Luft bleibt ein großer Unterschied. Diese nimmt den erhaltenen Eindruck selbst auf, ohne ihn zu reflektiren, weil sie der nehmlichen Bewegung fähig ist. Und wie läßt sich nun das *Rollen* des Donners, das in verschiedenen Perioden erfolgende Stärker- und Schwächerwerden desselben erklären, besonders da die Stärke des Tones im Quadratverhältniß der Abstände abnehmen, und also von dem Entstehungsorte bis zu unserm Ohr nur sehr schwach seyn müßte? —

Ich weiß indessen keine andere Erklärung zu substituiren, aber es ist doch besser, um einen Irrthum weniger, wenn schon nicht um eine Wahrheit mehr zu haben! —

140. So wenig man von jeher die Natur des Blitzes kannte, so zitterte man doch vor seinen zerstörenden Wirkungen, und es ist natürlich, daß man sich um Mittel dawider umfah. Leider! verfällt der gemeine am Wunderbaren hangende Mensch nur zu gerne auf abergläubische. Daher das Zutrauen auf geweihte Dinge, Segnungen, Glockentaufe, Loretto-glöckelchen, Wetterruthen, Kräuter,

Kräuter, Wurzeln, Zetteln &c. &c., die alle gegen die anerkannten Wettermacherinnen, die Hexen, gerichtet waren, und sind.

Indessen, als man schon einfah, dafs das Läuten der Glocken durch ihre Weihe nicht nützen könne, so glaubten doch einige Physiker, es könne physisch auf die Vertreibung der Gewitter wirken, und setzten es beinahe in gleichen Rang mit dem Schiessen aus groffen Gewehren. Allein weder das eine, noch das andere kann eine Strömung der Luft bewirken, und wenn es auch eine bewirkte, nur in der Voraussetzung des Daseyns positiver Wolken wirksam seyn, welches schon [130.] in Anspruch genohmen worden ist. — Dann wirkt der elektrische Stoff höchst wahrscheinlich wohlthätig auf die Vegetation [133 b]. Daher wäre es gar nicht einmal weise, Gewitter vertreiben zu wollen.

141. Bessere Mittel wider die Wirkungen des Blitzes sind die sogenannten *Blitzableiter*. *Franklin* gab sie zuerst an, und der von ihm zu *Philadelphia* auf des Kaufmanns *West* Hause gesetzte bewies 1760 seine Brauchbarkeit, indem ein Blitz seine Spitze einige Zoll herabschmolz, und ohne Schaden in die Erde übergieng.

Die wesentlichen Theile so eines Ableiters sind a) der *Auffänger*, gewöhnlich eine Spitze, welche

welche 10 — 12 Zoll über das Gebäude hervorragt, unten wenigst $\frac{5}{4}$ Zoll dick, und, um dem Verrosten vorzubeugen, vergoldet ist. Mit diesem Auffänger ist b) die *Ableitung* genau verbunden. Diese ist ebenfalls eine eiserne in ihren Theilen durch eingelegtes Blei genau verbundene, durch Firniß gegen Rost gesicherte, [am besten durch eine Dachrinne] längs des Gebäudes herablaufende Stange, die sich c) in die, wenn möglich, in Wasser, oder Sumpf geleitete, und zur Vorsicht in einen Stern, Kreutz auslassende *Ausleitung* endet.

Zusatz. Verhaltensregeln bei einem Gewitter.

142. Dem Eifer, mit dem man sich gleich anfangs [zum Theil der Neuheit wegen] mit elektrischen Versuchen beschäftigte, verdanken wir's, daß man die Elektrizität auch auf die Gesundheit der Menschen anzuwenden suchte. Dadurch erhielt sie den Namen der *medizinischen*. Die verdünnende Wirkung der Elektrizität auf Flüssigkeiten [133.c] die Empfindung bei einem elektrischen Schlag, einige Versuche über den Muskelreiz mit Präparaten, vorzüglich von Fröschen gaben zu dieser Anwendung die Veranlassung, welche durch mancherlei gute Wirkungen in verschiedenen Krankheiten gerechtfertiget wurde.

143. Die Grade, die man in dieser Anwendung unterscheidet, sind

- a) das *elektrische Bad*, wo der Kranke nur isolirt, und mit dem ersten Leiter in Verbindung gesetzt wird,
- b) das Elektrifiren durch *Spitze* [metallene und hölzerne],
- c) das Elektrifiren durch *stumpfes Metall*, und Holz,
- d) das *Funkenziehen*,
- e) elektrische *Schläge*.

Zusatz 1. Die nothwendigsten Instrumente dazu sind ein gutes *Isolatorium*, ein paar *Direktoren*, d. i. messingene Dräthe, deren einer in eine Spitze, der andere in eine Kugel endet, ein sogenannter *Stecker*, d. i. ein hölzernes Brettchen, das auf einer Seite mit Stanifolium, und auf beiden mit Flanell überzogen ist, einige Glasröhren mit Dräthen, und ein *Lagnysches Elektrometer*. — Beschreibung dieser Werkzeuge.

Zusatz 2. Wem daran liegt, sich mit diesem Gegenstande zu befassen, muß ich vorzüglich empfehlen: *Anwendung und Wirksamkeit der Elektrizität zur Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit des menschlichen Körpers a. d. Fr. des Abt Bertholon de St. Lazare übersetzt, und mit neuen Erfahrungen bereichert und bestätigt von C. G. Kühn.*

144. Die Ursache aller der bis jetzt angeführten Erscheinungen heist elektrischer Stoff. Wir haben daher noch nach der Natur dieses Stoffes zu fragen. Die Ungewissheit, und die schwankenden Antworten, die uns die Atomistik darüber giebt, befriedigen sehr wenig; denn die ältesten Beobachter, welche die dabei hervortretenden Lichtphänomene noch nicht kannten, hielten ihn für eine oelichte Substanz — in der Folge glaubte man ihn dem Feuer analog. Daher der gang und gäbe gewordene Ausdruck: *Elektrisches Feuer*.

Henry hielt ihn als Phlogistiker gemäß seinen Wirkungen für eine Modifikation des Phlogistons.

Wilke, welcher zwei verschiedene elektrische Stoffe annahm, nannte $\div$ E Feuer, — E Säure. *Kratzenstein* aber kehrte die Benennung um, und nannte $\div$ E Säure, — E aber phlogistische Elektrizität.

De Luc läßt ihn nach seinem scharffinnigen Systeme aus einer eigenen imponderablen Basis, und einem, wie er's nennt, fortleitenden Flüssigen entstehen, ohne aber weder das eine, noch das andere zu kennen, obwohl er glaubt, das fortleitende Flüssige habe Licht zum Bestandtheil.

Gren hält ihn für nichts anders, als für Lichtstoff, d. i. nach seiner Hypothese für eine Verbindung der eigenen Basis des Lichtes mit Wärmestoff.

Andere setzten ihn aus Sauerstoff, Wasserstoff, und Licht zusammen.

Der Phosphorgeruch, den der elektrische Stoff verbreitet, liefs auf Phosphor als Bestandtheil schliessen. Allein diefs beweist nur, sagt *Gren*, daß unsere Nerven durch die Strömung des elektrischen Stoffes [auf eine bestimmte Art] gereizt werden, nicht aber, daß wirklich Phosphor, als Bestandtheil vorhanden ist.

145. Alle diese Hypothesen legen in die Natur einen eigenen Stoff zur Erklärung der elektrischen Phänomene, ohne mit sich selbst über die Natur desselben eins zu seyn. — Die Dynamik, nach der wir bereits den Wärmestoff und Lichtstoff aus der Reihe der Materien verschwinden sahen, muß auch hier die Sache auf die allgemeinen Urkräfte zurückzuführen suchen. *Eschenmayer* gab vielleicht die ersten Winke dazu, indem er $\pm$ E als Erscheinung der Expansivkraft, — E als Erscheinung der anziehenden Kraft betrachtete, wozu er in *Bergmann's* Erfahrungen, und in den *Lichtenbergischen* Figuren [122. Zus.] eine Bestätigung und Nachweisung in der Erfahrung fand.

Wenn nemlich zwei Körper auf einander durch Reibung [wiederholten Druk] wirken, so geschieht es dadurch, daß der eine der Richtung der Repulsivkraft des andern entgegen wirkt. Dadurch muß aber in dem einen anziehende, und eben darum im zweiten Repulsivkraft hervortreten. Jene giebt ein Zurückwirken in sich selbst, diese ein Wirken außer sich, jene also $-E$, diese $+E$. Begegnen sich diese beiden Wirkungen, so ist gegenseitiges Ineinandergreifen, und Aufheben die nothwendige Folge. Daraus entsteht ein ewiger Kampf von Hervortreten, und Aufheben dieser Kräfte, der auf einen dritten Körper fortgepflanzt wird, und nothwendig da aufhört, wo ein Körper, dessen Wirkungsart mit der des dritten *gleichnamig* ist, in Verbindung kömmt.

Dieses Ineinanderwirken der beiden Urkräfte ist ein Hinwirken auf die Erzeugung eines neuen Stoffes, also ein Streben zum chemischen Prozeß. Körper, welche den höchsten Grad des chemischen Prozesses schon durchgegangen haben, z. B. Glas, werden *isoliren*, die entgegengesetzte Klasse von Körpern aber *leiten*.

Aus dem nemlichen Grunde muß aber auch der Isolator erregend, *positiv*, der Leiter aber *negativ* sich verhalten, dieser $-E$, jener $+E$ geben.

Da

Da es aber keinen vollkommenen Isolator geben kann, so wird in einem Theile $+$ E im angrenzenden $-$ E, und so abwechselungsweise immer die entgegengesetzten E hervorgehen.

Elektrizität wird also nicht mitgetheilt, sondern *erregt*, und Vertheilung der Elektrizität ist nichts als fortgesetzte Erregung.

Die Theorie der Leidnerflasche, des Elektrophors u. s. w. ergibt sich daraus sehr leicht.

Die Lichterscheinung ist darum nothwendig, weil hier ein Hervortreten der Repulsivkraft Statt hat, die wir als Lichtprinzip kennen gelernt haben [118.], entweder vom, oder zum Körper [$+$ oder $-$, Büschel oder Punkt]. Die Farbe, unter welcher dieses Licht erscheint, ist Modifikation durch die Medien, oder die wirkliche Oberfläche der Körper.

In der großen Natur müssen die elektrischen Phänomene durch alles hervorgebracht werden, was ein Hervortreten der Urkräfte [chemisch, oder mechanisch] verursacht. — Immerwährende langsame Mischungen und Entmischungen geben daher eine beständige atmosphärische schwache Elektrizität, so wie gählinge gewaltsame Ursachen auch gählinge, und schnell vorübergehende Phänomene geben müssen.

Die

Die Wirkungen der Elektrizität auf Körper und ausdehnbare Stoffe, z. B. Zersetzung der Luft, und Gasarten, und der thierischen Säfte, Schmelzung der Metalle ,u. dgl. können in dieser Ansicht nicht mehr unbegreiflich seyn.

An den elektrischen Stoff schließt sich in der natürlichen Reihe an

der galvanische Stoff.

146. Schon seit langer Zeit waren unter dem Namen der thierischen Elektrizität, und des Metallreizes gewisse Erscheinungen bekannt, die heute unter dem Namen der *galvanischen* Erscheinungen zusammengefaßt werden, weil *Aloys Galvani*, ein Arzt in Italien, zuerst auf sie führte. — *Galvani* präparirte nemlich einen Frosch, als sich eben einer seiner Freunde mit elektrischen Versuchen unterhielt. *Galvani* machte dabei die Bemerkung, daß sein Frosch immer Konvulsionen litt, wenn sein Messer einen Nerven berührte, als sein Freund einen Funken zog. — *Galvani* stellte Versuche auch mit der atmosphärischen Elektrizität an, und fand das nemliche. Fortgesetzte Versuche zeigten ihm die nemliche Erscheinung, wenn er den Frosch an einem eisernen Hacken hielt, während seine Füße ein silbernes Becken berührten,

rührten, an dem Galvani seine Hand hatte. Aus seinen fernern mit vielem Scharffsinne modificirten Versuchen gieng ihm das allgemeine Gesetz hervor, daß ein Nerve, oder ein Muskel immer Konvulsionen leide, wenn er mit zwei verschiedenen Metallen, welche ein leitender Bogen miteinander verbindet, in Berührung steht.

147. *Galvani* selbst hielt diese Erscheinungen für Wirkungen der Elektrizität. Aber bald fiengen verschiedene Gelehrte, z. B. *Humboldt*, *Sternberg*, *Ritter*, *Volta*, u. aa. an, diese Erscheinungen genauer zu untersuchen, und es wäre hier zu weitläufig, alle die Versuche anzuführen, welche seit ungefähr 12 Jahren darüber gemacht worden sind. Ich schränke mich hier nur auf die Hauptpunkte ein.

148. Man unterscheidet bei dem Galvanismus einen *einfachen Apparat*, und eine *Verstärkung*. Der einfache Apparat besteht aus einigen Platten von Silber [Kupfer], und Zink, und einigen gebogenen Leitern, die man *Excitatoren*, *Connektoren*, oder *Conduktoren* nennt. Belegt man einen Nerven mit Stanifolium, so sagt man, er sey *armirt*, und wenn dieses [die *Armatur*] entweder unmittelbar, oder mittelbar [durch einen Conduktor] mit Silber verbunden ist, so sagt man, sie seyen in *Kettenverbindung*.

149. Mit diesem einfachen Apparate werden verschiedene Versuche gemacht, wozu man der Reinlichkeit des Fleisches, und der nach dem Tode noch lange fortdauernden Reitzbarkeit wegen gewöhnlich Frösche wählt. Alle diese Versuche gehen daher sowohl an dem lebendigen, als enthaupteten, als ausgeweideten Frosch auf Konvulsionen hinaus, die er unter verschiedenen Modifikationen der Versuche leidet. — Merkwürdig sind auch die hiehergehörigen Erfahrungen, daß ein Silberstück an's Oberkiefer angestemmt, und eine Zinkplatte auf die Zunge gelegt, bei jeder Berührung einen blitzenden Schein vor dem Auge des Versuchsmachers, und einen sauren, bei Verwechslung der Platten aber einen brennenden Geschmack auf der Zunge verursacht.

Zusatz. Nachweisung dieser Erfahrungen in der Vorlesung! — Man sieht aber leicht, daß die Licht- und Geschmackerscheinungen, weil sie bloß subjektiv sind, vorzüglich von der Reitzempfanglichkeit des Versuchsmachers abhängen.

150. Die Versuche mit dem einfachen Apparate machten bald den Wunsch rege, die galvanischen Wirkungen verstärken zu können. Es währte aber lange, bis *Volta* eine Anrichtung dazu erfand, und fand, daß man durch eine schichtenweise Verbindung von Zink, und Silberplatten

berplatten mit eingeschobenen feuchten Papp- oder Tuchscheiben die galvanische Wirkung ansehnlich verstärken könne. Hieraus entstand nun der zusammengesetzte galvanische Apparat, der den Namen der galvanischen, oder von ihrem Erfinder der *Volta'schen Säule* führt, welche in folgender Ordnung gebaut werden muß: Silber, Zink, mit Säuren befeuchtete Pappscheibe, Silber, Zink, Pappscheibe, u. s. w. so, daß sich die Säule in Zink endet. — Die beiden Ende heißen die *Pole* der Säule, die von den Metallen, welche die Säule schliessen, *Silberpol* und *Zinkpol* heißen.

Zusatz 1. Einrichtung des *Becherapparates* [Becherkrone].

Zusatz 2. Da Silber zu kostspielig ist, so setzt man anstatt desselben Kupfer, welches jenem an Wirksamkeit wenig nachgiebt.

Zusatz 3. Um große Wirkungen zu erhalten, sind wenigst 50 — 60 Plattenpaare nothwendig. Sie müssen aber nicht alle auf einander gesetzt werden, sondern es ist genug, daß mehrere Säulen miteinander verbunden werden. — Dann heißt so eine Anrichtung eine galvanische *Batterie*.

151. Die Versuche, welche bis jetzt mit der Volta'schen Säule gemacht worden sind, theilen sich

sich in drei Klassen, und betreffen a) Erschütterung thierischer Organe, b) Licht- und Feuererscheinungen, und c) chemische Wirkungen.

152. Werden nemlich a) mit befeuchteten Fingern die beiden Pole berührt, so empfindet man eine krampfhafte Erschütterung, die stärker wird, wenn man in Salz-Wasser befeuchtete, und mit den beiden Polen verbundene Scheibchen von Blech in den Händen hält, am stärksten aber, wenn man den Schlag durch beide Ohren gehen läßt. — Die galvanische Wirkung pflanzt sich durch mehrere Menschen, die sich die mit Salz-Wasser befeuchteten Hände geben, wie die elektrische fort, aber sie ist fortdauernd, und der Empfindung nach von dieser sehr verschieden, u. s. w.

153. b) Die Lichterscheinungen zeigen sich im Dunkeln durch Fünkelchen, an den Gelenken einer an den beiden Polen befestigten, und mit befeuchteten Händen geschüttelten Kette, bei der Berührung mit einem feinen Drathe, am Verbrennen kleiner am Zinkpole angeklebten Gold- oder Silberplättchen, oder eines faferichten Pappendeckels.

154. c) Am merkwürdigsten sind die chemischen Operationen, welche durch die galvanische Wirkung hervorgebracht werden. Bringt man
in

in eine mit Wasser gefüllte, und an beiden Enden mit Kork geschlossene Glasröhre zwei einander gegenüber stehende Silberdräthe, und verbindet den einen derselben mit dem Silberpole, so steigen aus diesem viele Luftbläschen schnell empor, an jenem aber bildet sich bald nachher ein florartiger Streif, der in der Folge grünlicht wird, und nach 2 — 3 Stunden einen grünen Bodensatz zurückläßt. — Der Drath selbst erscheint nach der Operation zerfressen.

Golddräthe strömen beide Luftbläschen, aber der mit dem Silberpole verbundene Wasserstoffgas, der andere Sauerstoffgas aus, selbst, wenn man zwischen die Dräthe eine Scheide-Wand, z. B. Kork bringt.

Werden 2 Glasröhren nach der obigen Angabe eingerichtet, und mit einander so verbunden, daß der Zinkpol mit der einen, der Silberpol aber mit der andern Röhre in Verbindung ist, so geben der mit dem Zinkpole der Säule verbundene Drath der ersten Röhre, und der mit dem zweiten Drathe der ersten Röhre verbundene Drath der andern Röhre Luftströmung, die andern aber Oxydation.

Zusatz. Merkwürdig ist es, daß die Tuchscheiben bei länger dauernder Wirkung der Säule sich nach und nach in's Gelbe färben, schmierig

rig anzufühlen sind, und bei einem leichten Druke des Fingers in der Mitte durchlöchert werden. Diese Erfahrung führt entschieden auf eine chemische Wirkung der Metalle auf die Tuchscheiben hin.

155. Ich übergehe hier die verschiedenen Versuche, die man gemacht hat, eine Theorie der galvanischen Wirkungen zu bauen, und begnüge mich, die *Volta'sche* nach *Pfaffs* gedrängter Darstellung zu geben. *Volta* betrachtet nemlich die galvanischen Erscheinungen als Wirkung des elektrischen Stoffes, und *de la Lande* sagt, *Volta* habe durch seine zu Paris gemachten Versuche alle Ungläubige bekehrt, und bis zur Evidenz bewiesen, daß der elektrische, und galvanische Stoff ein und der nemliche ist. In dieser Voraussetzung sind ihm die galvanischen Wirkungen Phänomene des gestörten elektrischen Gleichgewichtes, bei dem das eine Metall $\oplus$ E, das andere $\ominus$ E zeigt.

Weil nur die zwei äußersten Platten auf einander wirken, kann durch die Aufeinander-schichtung mehrerer Platten von dem nemlichen Metalle die Wirkung nicht verstärkt werden, wohl aber, wenn ein feuchter Leiter zwischen sie gebracht wird; denn hier ist die Wirkung der Metalle auf den Leiter $= 0$, und so wird die Wirkung einer Säule möglich; denn

denn nun wird, wenn die Säule $SZWs z$ ist, die Wirkung von s auf $W = 0$, und schwächt also die Wirkung von Z in seiner Richtung gegen s nicht, und daher wird die Differenz, also auch die Wirkung von S und z verdoppelt.

Allein *Wagner* fragt hier mit allem Rechte:

a) Wie erklärt sich daraus die Wirkung des einfachen Apparates [148.]? — b) Wie der chemische Prozess in dem feuchten Leiter [144. Zuf.]? — c) Wie kann die Säule als Continuum wirken, da in *Volta's* Voraussetzung W die Stelle eines Isolators vertreten muß? —

156. Ohne Zweifel müssen an der Säule zweierlei Phänomene unterschieden werden, nemlich 1) *elektrische*, in so weit sich die heterogenen Metalle, wie es der Bau der Säule erfordert, unmittelbar berühren, und 2) *eigentlich galvanische* [chemische], die durch die Dazwischenkunft des feuchten Leiters hervorgehen. Aber gerade darum müssen die elektrischen Erscheinungen sich im Verhältniß der Berührungsfläche, oder des Durchmessers, die eigentlich galvanischen aber im Verhältniß der Wiederholung des einfachen Apparates verstärken, wie dieß *Fourcroy's* Versuche nachgewiesen haben.

Die elektrischen Erscheinungen an der Säule waren also ein Hinstreben zum chemischen
Prozess

Prozess [Muskelreiz, Lichterscheinungen], die galvanischen aber wirklicher, durch Vermittlung eines dritten [des feuchten Leiters] bewirkter chemischer Prozess [Wasserzersetzung].

157. Die Wirkungen der Volta'schen Säule wurden bald nach ihrer Entdeckung zur Heilung mancher Krankheiten mit verschiedenem Glücke angewandt — nur Schade! daß sich mancher Unberufene in's Gebieth wagte, das nur der Mann mit physikalischen, und medizinischen Kenntnissen zugleich betreten sollte.

Am vorzüglichsten hat sich in dieser Sache *Grappengieser* ausgezeichnet, der in seinen *Versuchen den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden*, Berlin 1801, die Methoden a) bei kranken Augen, b) bei kranken Ohren, c) bei Lähmungen, d) bei chronischer Heiserkeit, e) bei chronischen Rheumatismen, f) bei Untersuchung des Scheintodtes beschreibt.

Zusatz 1. Man bedient sich dazu entweder des einfachen Apparates, dessen beide Platten auf Stellen gelegt werden, auf welchen Blasenpflaster gewirkt hatten [Grappengieser läßt sie 9 — 10 Stunden lang wirken], oder der Volta'schen Säule in verschiedener Stärke.

Zusatz 2.

Zusatz 2. Dafs die galvanischen Wirkungen bei organischen Fehlern nicht nützen können, sieht man ohne meine Bemerkung.

Zusatz 3. Methoden, zu galvanisiren, in der Vorlesung!

Am Ende ist uns nur noch

der magnetische Stoff

zu behandeln übrig, der

158. als Ursache gewissen Erscheinungen untergelegt wird, welche man an einem Eisenerze, das *Magnet* heisst, und unter verschiedenen Gestalten, Grössen und Farben in Eisengruben gefunden wird, wahrnimmt, und mit dem Namen der *magnetischen* bezeichnet.

Zusatz. Die nehmlichen Erscheinungen geben auch unter gewissen Bedingungen viele andere [nach *Coulombs* Versuchen alle] Körper, vorzüglich Eisen und Stahl.

159. Jeder Magnet hat 2 Punkte, an welchen er die magnetischen Phänomene am anschaulichsten giebt. Diese Punkte nennt man seine *Pole*. Das Mittel der Linie, die von einem zum andern Pole gezogen wird [*Achse* des Mag-

nets] heißt, sein *Indifferenzpunkt*, an dem sich diese Wirkungen aufheben, und eine durch ihn auf die Achse senkrecht gezogene Linie der *Aequator*.

Zusatz 1. Man giebt den Polen den Namen der Weltpole, weil ein Magnet, der sich frei bewegen kann, immer gegen Norden und Süden steht. — Daher *Nordpol* und *Südpol*.

Zusatz 2. Man findet diese Pole leicht, wenn man den Magnet auf ein geschliffenes Glas legt, feine Eisenfeilspäne um denselben streut, und leise auf das Glas klopft. — Die Feilspäne bilden dadurch eine regelmässige Figur [Fig. 20.], in welchen den Polen A, B die geraden Linien gegenüber stehen, in dem Indifferenzpunkt aber der Mittelpunkt der übrigen kreisförmigen Linien fällt.

Zusatz 3. Manchmal, aber sehr selten findet man Magnete, welche mehrere Pole haben.

160. Die allgemeinen Phänomene, die man an jedem Magnete wahrnimmt, sind a) Anziehung, oder Zurückstossung der Pole, b) eine gewisse beständige Richtung, c) Abweichung von derselben, d) Neigung zum Horizon, und e) Mittheilung.

161. a) Jeder Magnet zieht Eisen und Stahl an, und wird von ihnen angezogen, und zwar
um

um so stärker, je näher sie einander kommen.
 — Eben so ziehen sich zween Magnete an, wenn man ihre ungleichnamigen Pole S und N einander nahe bringt. Aber gleichnamige Pole z. B. N und N, S und S stoßen sich ab.

Zusatz 1. Theilt man daher einen Magnet nach seiner Achse, so fliehen sich die Theile, ziehen sich aber an, wenn die Theilung durch, oder parallel mit dem Aequator geschieht.

Zusatz 2. Dieses Phönomen wird auch durch die Dazwischenkunft eines flüssigen, oder festen Körpers nicht aufgehoben.

162. b) Ein freispielender Magnet kehrt seine Pole immer gegen die Weltpole [159. Zus. 1.], von welcher Eigenschaft man an der Bousole [Compass] eine sehr glückliche Anwendung gemacht hat.

Zusatz. Einrichtung des Land- und Seecompasses.

163. c) Indessen zeigt ein Magnet nicht immer genau nach Norden, sondern steht gewöhnlich einige Grade davon ab. Diese merkwürdige Eigenschaft heisst man die *Abweichung* [Declination] der Magnetnadel. — Sie ist nicht an allen Orten gleich, sondern bald gröffer, bald kleiner, bald westlich, bald östlich.

Zusatz 1.

Zusatz 1. Eine Anrichtung, diese Abweichung zu bestimmen, führt den Namen eines *Declinatoriums*, an welche [im Wesentlichen] die Abweichung durch die Grade eines Kreisbogens bestimmt wird, der zwischen der Meridianlinie, und der wirklichen Richtung des Magnets liegt.

Zusatz 2. Bis jetzt ist das Gesetz, welches diese Abweichung befolgt, noch nicht bekannt. *Halley* lieferte daher eine Karte, auf welcher die Abweichungen, so wie man sie 1700 beobachtet hatte, für alle Orte bis auf 60^o dies- und jenseits des Aequators angegeben waren. So eine Karte heißt eine *Abweichungskarte*. Nach *Halley* haben verschiedene andere Gelehrte, und unter andern *Rennell* eine für das Innere von Afrika geliefert.

Zusatz 3. Neben dieser Abweichung beobachtet man auch eine tägliche, gemäß welcher der Magnet am Morgen gegen Ost, und am Abend gegen West abweicht.

164. d) Der Magnet hat nicht allein eine horizontale, sondern auch eine *vertikale* Bewegung, durch die er mit dem Horizon einen Winkel macht, welche Erscheinung die *Neigung* [Inclinatio] des Magnetes heißt. — Sie folgt einem noch wenig bekannten Gesetze. Nur
weiss

weiss man, dass sie von dem Aequator gegen die Pole hin zunimmt, und in verschiedenen Jahrszeiten, und sogar in verschiedenen Stunden des Tages sich verändert.

Zusatz. Die Beobachtung dieser Neigung geschieht mit sogenannten *Inclinatorien*, deren wesentliche Theile eine leichtbewegliche in ihrem Schwerpunkt aufgehängene Magnetnadel, und ein graduirter Kreisbogen sind, an dem die Nadel den Winkel bezeichnet, den sie mit dem Horizonte macht.

165. e) Wenn man eine Eisen- oder Stahlplatte mit einem Magnete streicht, so giebt auch sie die magnetischen Wirkungen, und das Vermögen, sie wieder *mitzutheilen*. — So ein Eisen heisst ein *künstlicher Magnet*, der vor den natürlichen viele Vorzüge hat.

Zusatz. Verschiedene Arten Magnetismus mitzutheilen.

166. Die bisher aufgezählten Phänomene sind so sonderbar, dass es kein Wunder ist, wenn man sich über die Erklärung derselben mit mancher Hypothese getragen hat.

a) Die Analogie der elektrischen und magnetischen Erscheinungen führten auch auf eine analoge Erklärung.

Burgmann und *Wilke* nahmen daher zwei einander entgegengesetzte magnetische Materien an, die sie positive und negative nannten, und jene aus dem Nordpol, diese aus dem Südpol des Magnets ausströmen ließen.

Aepinus hingegen führte die Franklinische elektrische Theorie [123.] in die Lehre von den magnetischen Erscheinungen ein, und erklärte sie durch Anhäufung und Mangel einer, und der nehmlichen Materie.

Euler setzte als magnetische Materie feinen *Aether*, der unser ganzes System allenthalben erfüllt.

Gabler stellte eine ganz eigene Theorie auf, und brachte alles auf den sehr einfachen Satz zurück, daß jedes kleine Eisentheilchen ein eigentlicher Magnet sey, und seine Pole habe, ein wirklicher Magnet also dadurch entstehe, daß alle, oder wenigst die meisten Theile die nehmliche Lage haben, erklärt aber nicht, wie diese kleinsten Theile zum Magnet werden.

167. Diese Hypothesen haben uns der Wahrheit wohl um sehr wenig näher gebracht. — Im Grunde sind wohl chemischer, elektrischer und magnetischer Prozeß einer und der nehmliche, nur auf verschiedenen Stufen in der ewigen Evolu-

Evolution der Natur. — Diese Ansicht ist ohne Zweifel die einzig wahre, und nur sie kann einen Standpunkt geben, auf dem Einheit der Spekulation, und der Empirie hervortreten, und wissenschaftliches Interesse auch in die Naturlehre gebracht werden kann.

168. Es ist über 2 Jahrzehente, daß man mit dem sogenannten *thierischen* Magnetismus viel Lärmens in die Welt machte, vorzüglich ein gewisser *Mefsmer*, der zu Wien und Paris sein Wesen trieb, zur Entstehung magnetischer Gesellschaften Anlaß gab, und die Meinung in Umlauf brachte, daß durch gewisse Manipulationen, Berührungen, Streichungen, u. s. w. Desorganisation, Somnambulism, Divinationsvermögen, Heilung vieler Krankheiten, u. dgl. mehr hervorgebracht werden könne.

Es ist merkwürdig, daß besonders zu Straßburg die vorzüglichsten Männer die magnetischen Gesellschaften formirten, und auf die magnetische Tinktur, die sie verfertigten, vieles bauten. In Teutschland war vorzüglich *Gmelin* ein großer Anhänger dieser Lehre. — Indessen lief wohl im Ganzen eine ziemliche Dosis von Schwärmerei mit unter, und „es ist, sagt *Gehler*, der Würde eines Physikers gemäß, ganz davon zu schweigen.“

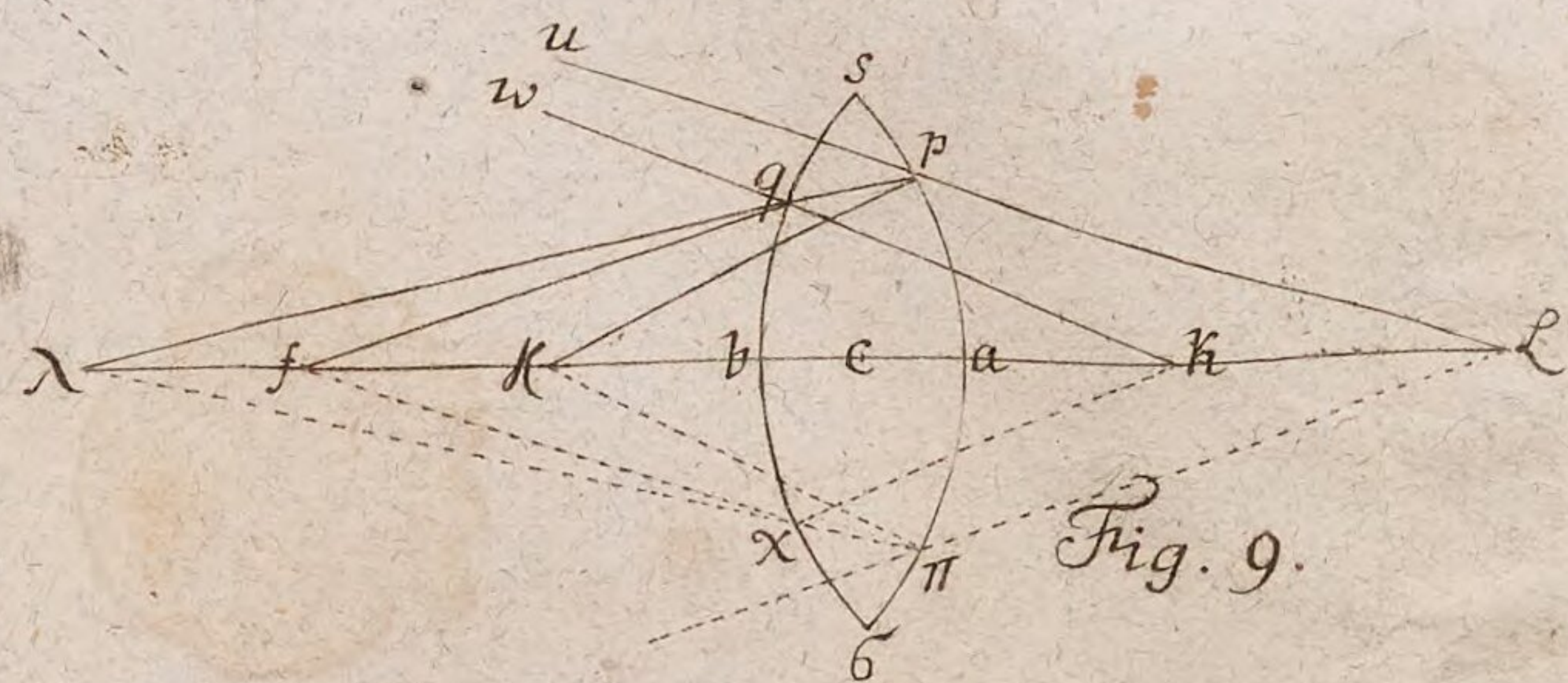
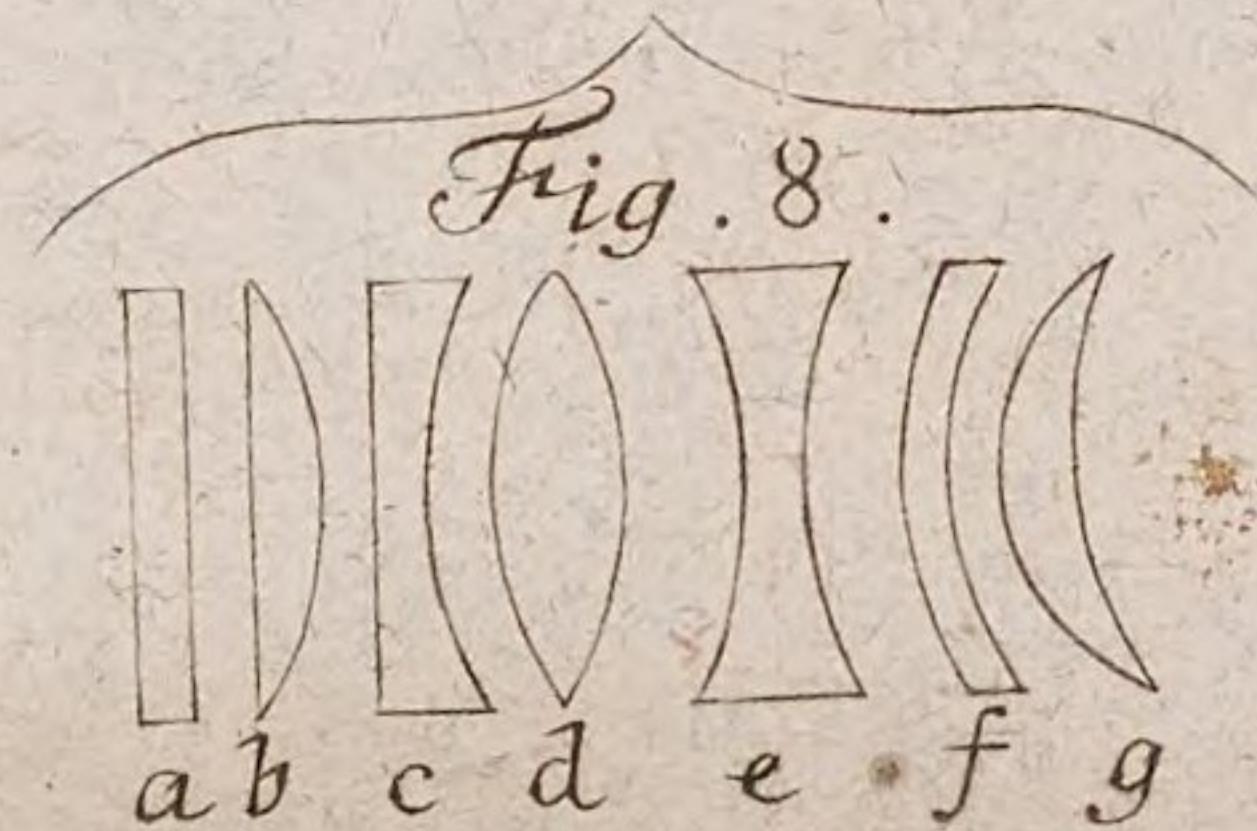
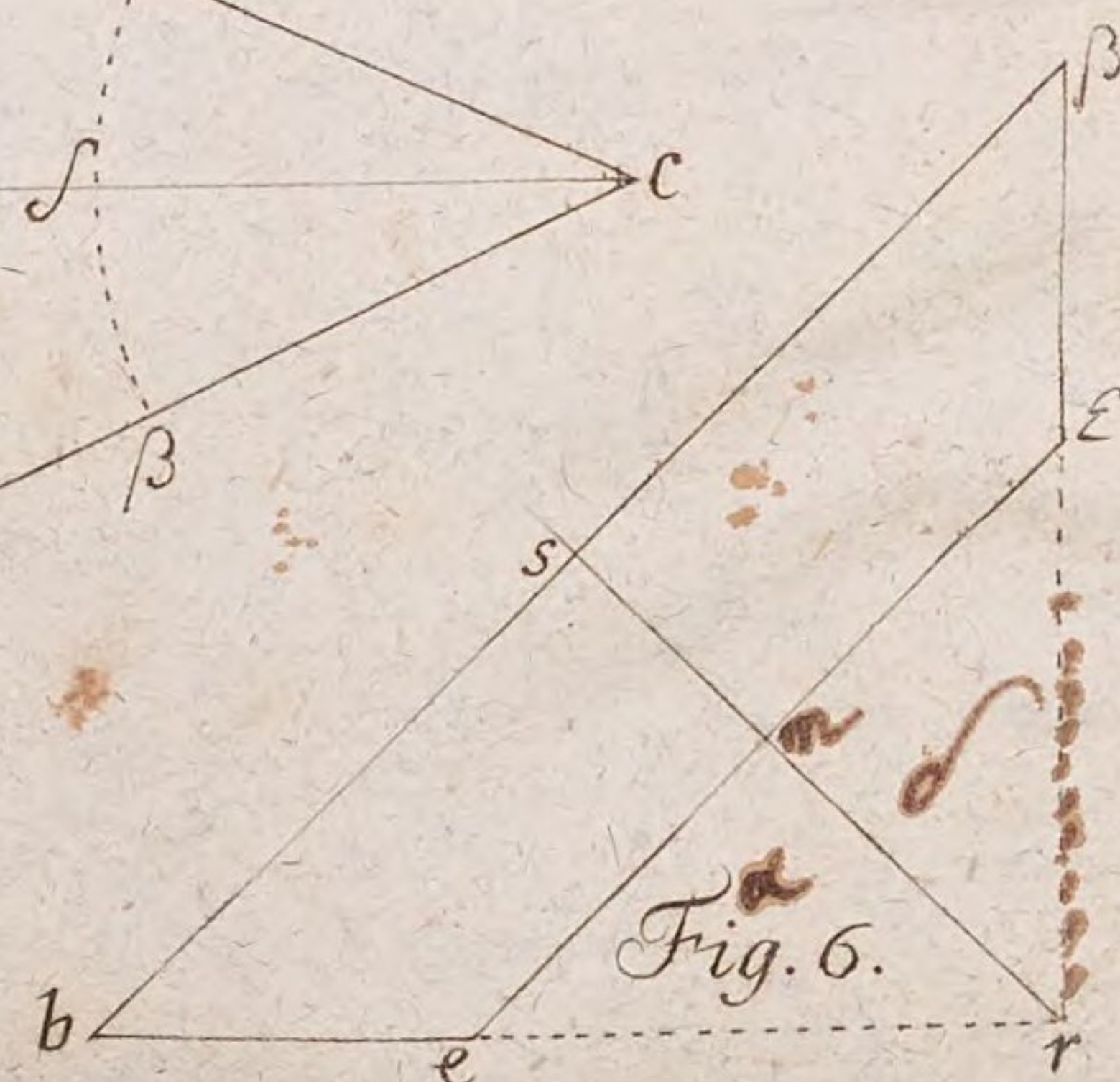
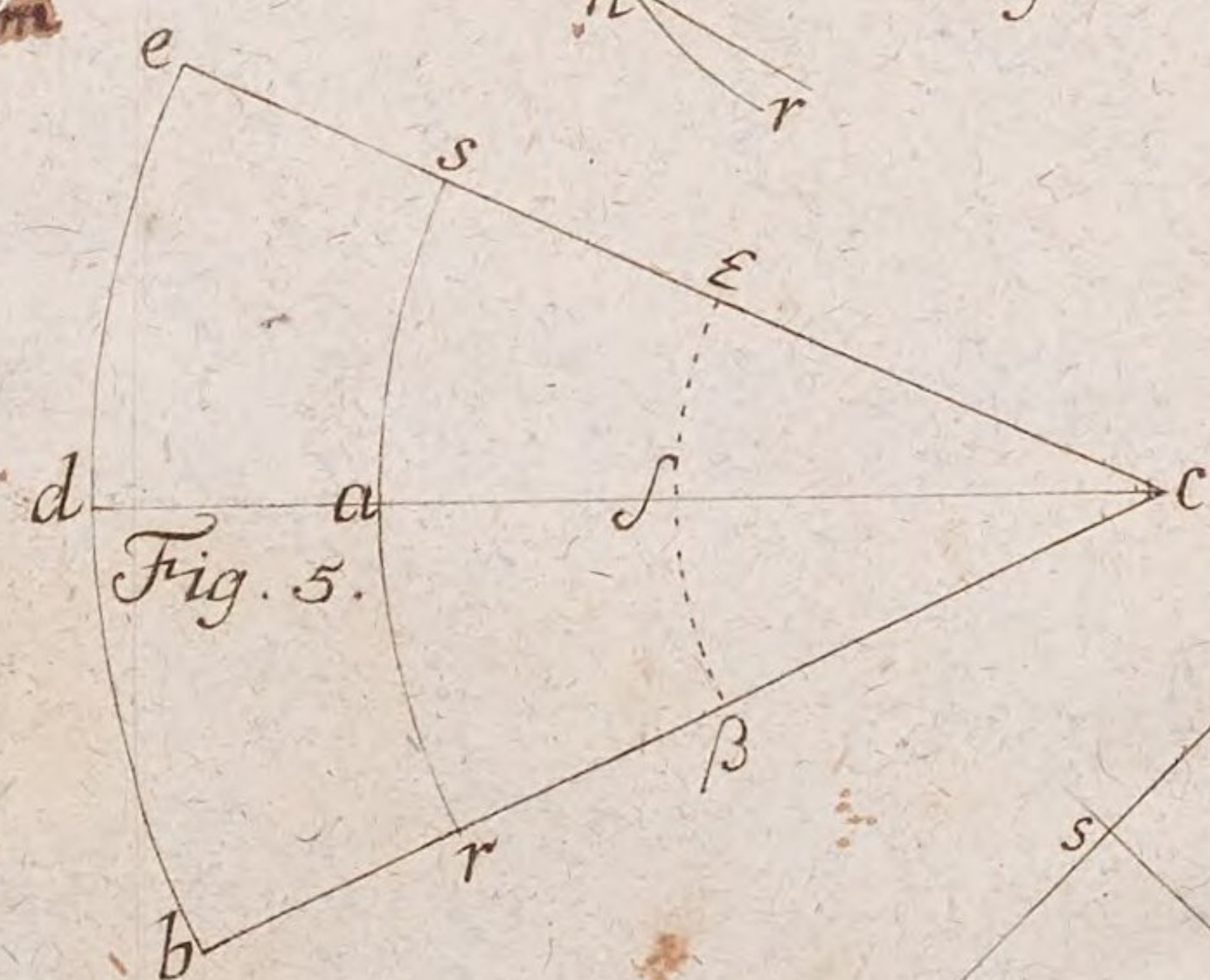
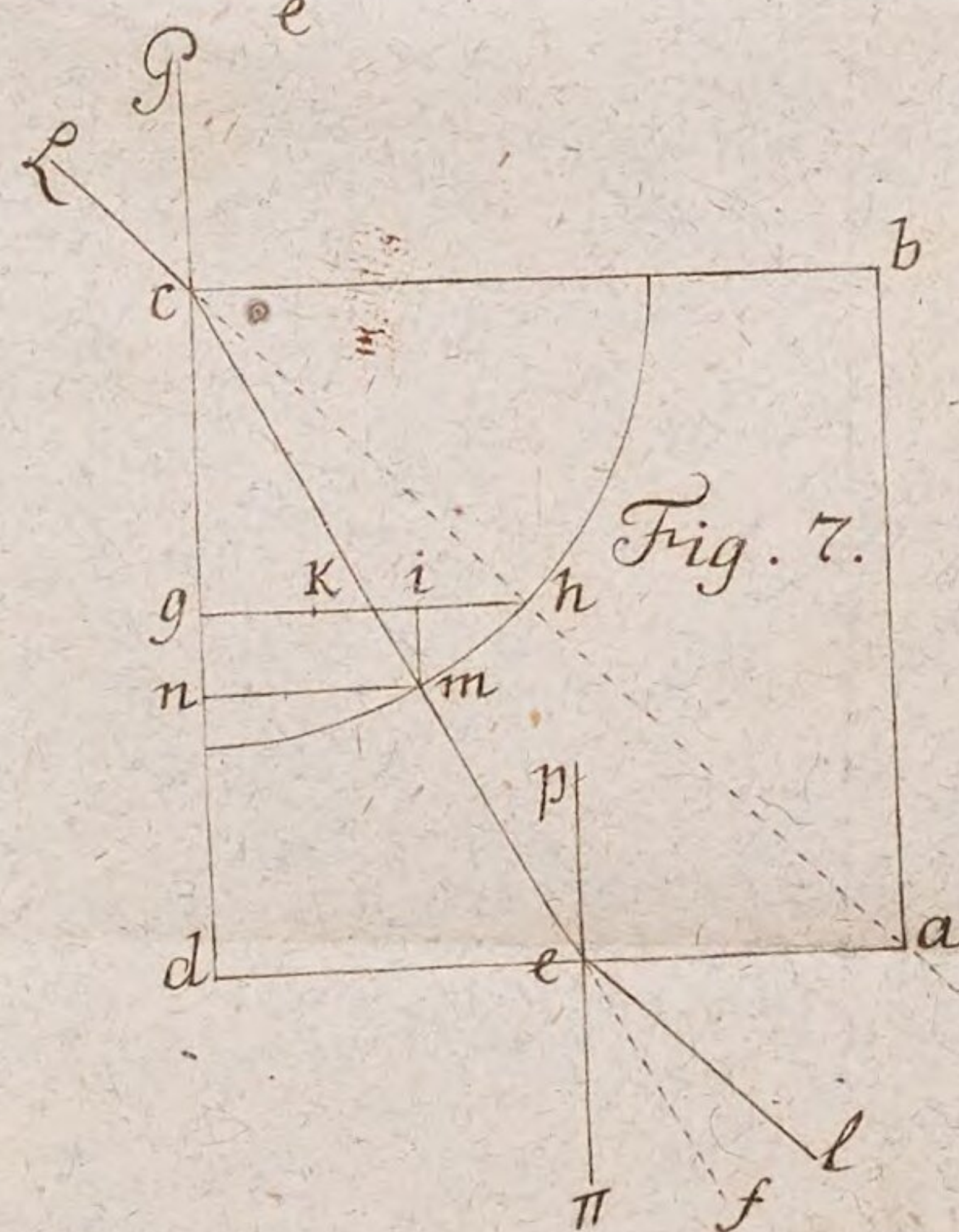
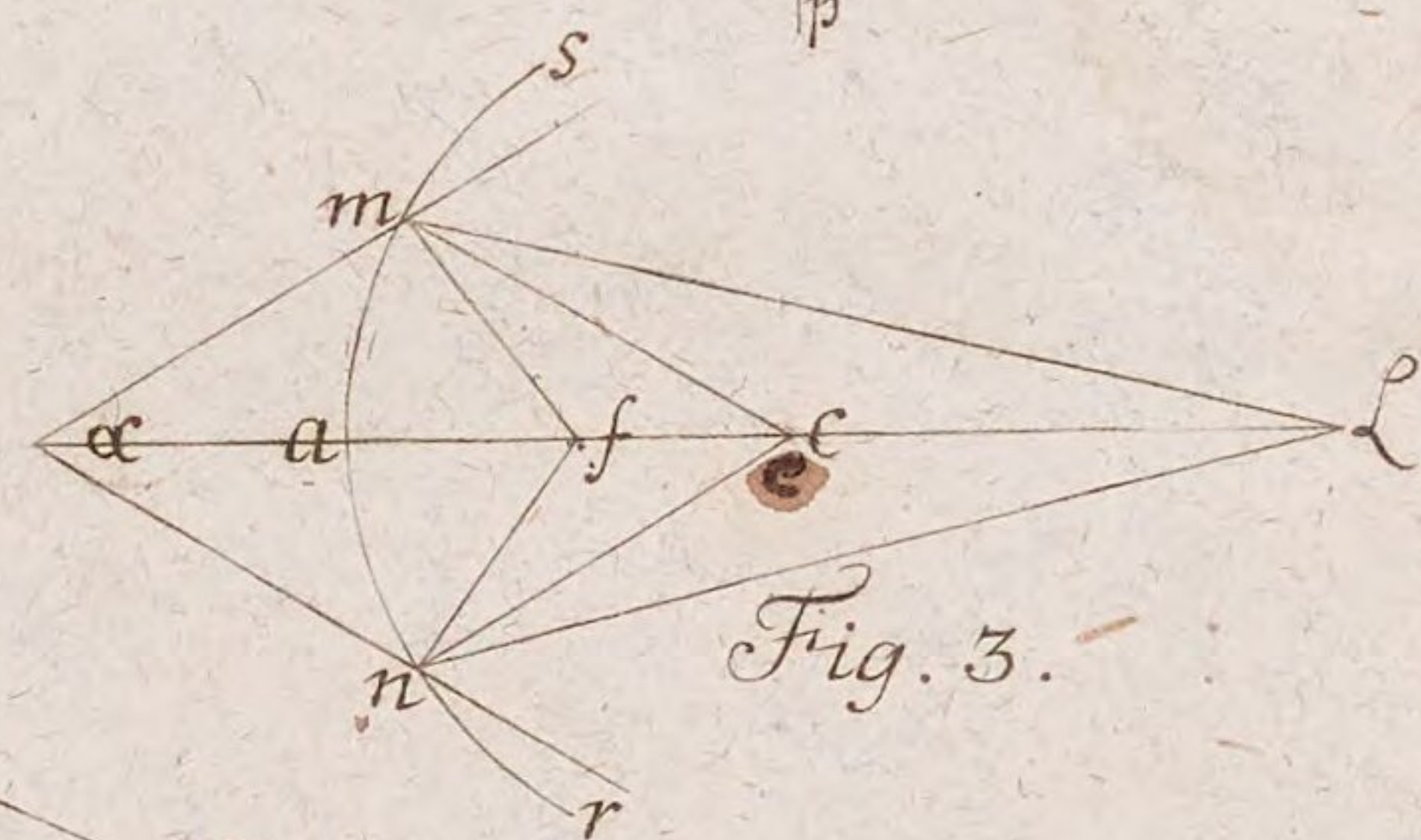
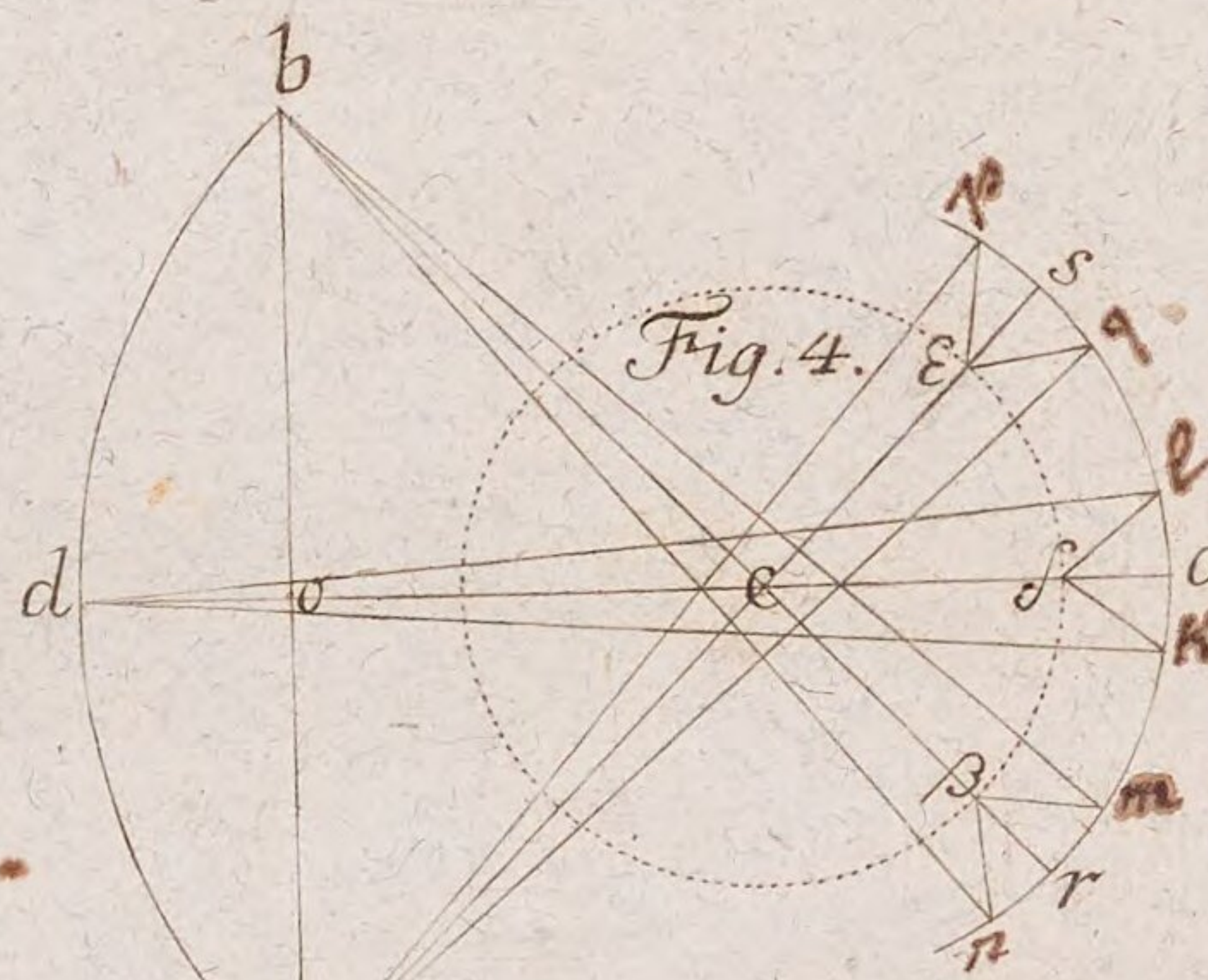
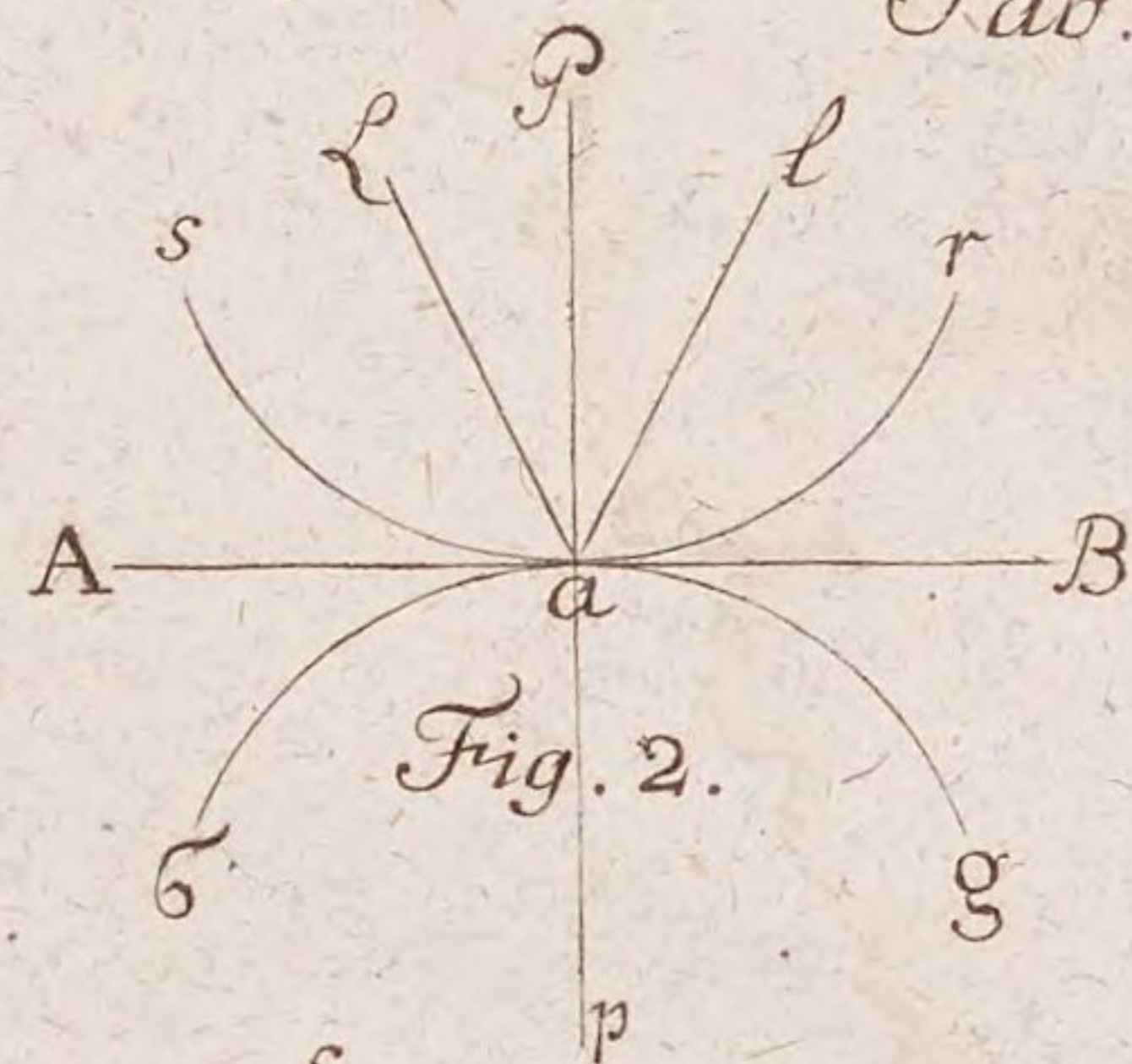
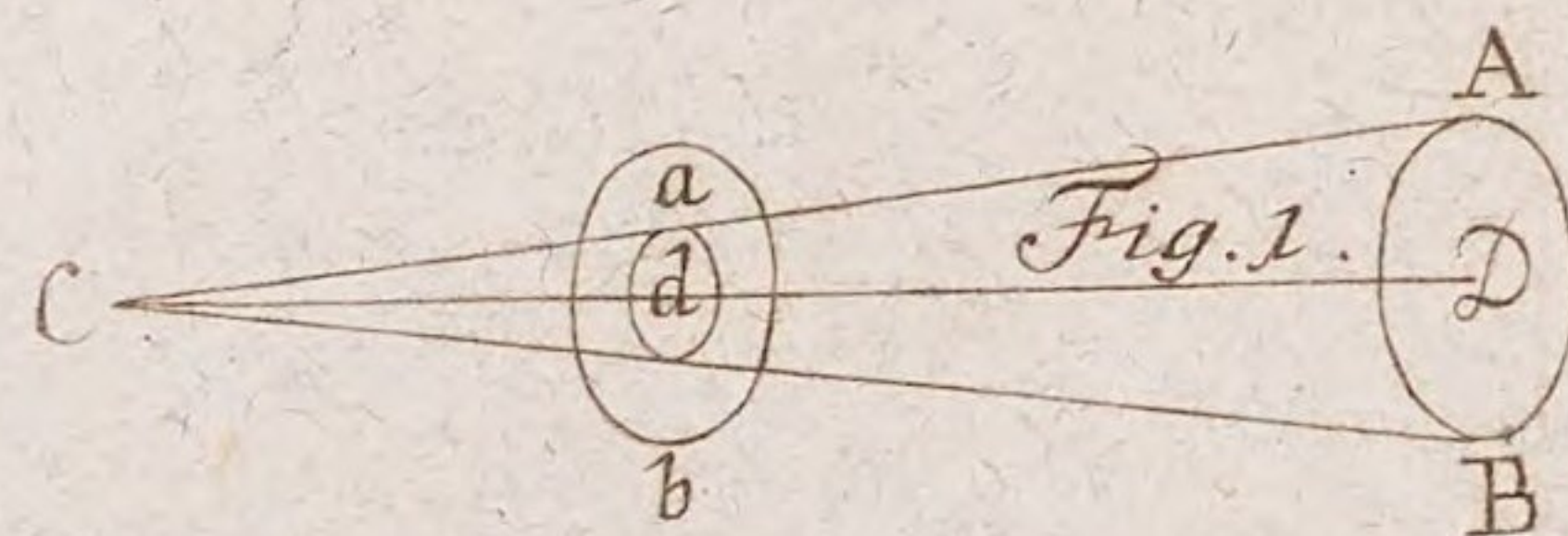
Möchte

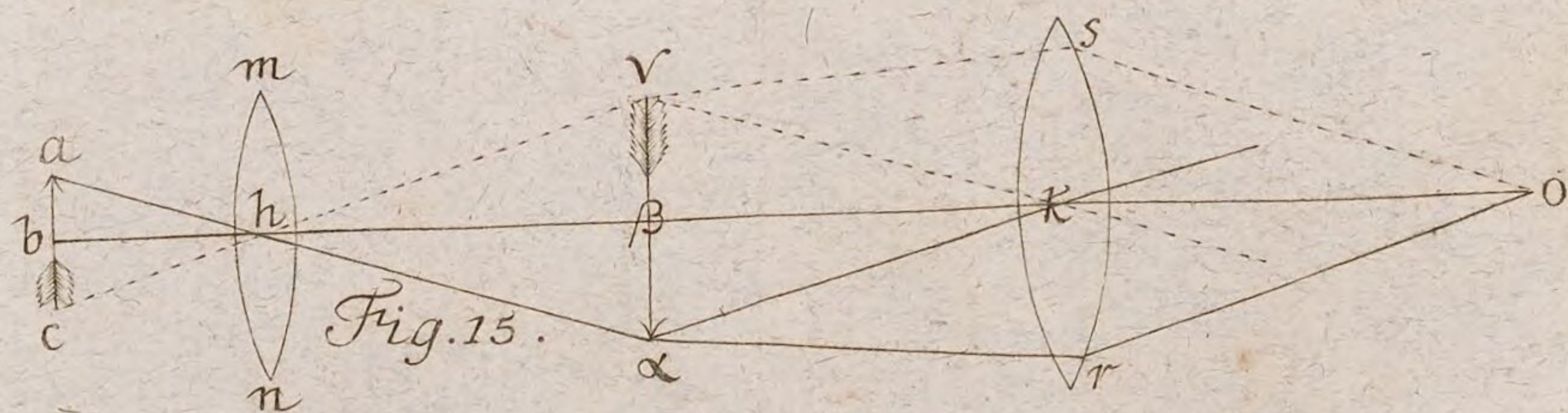
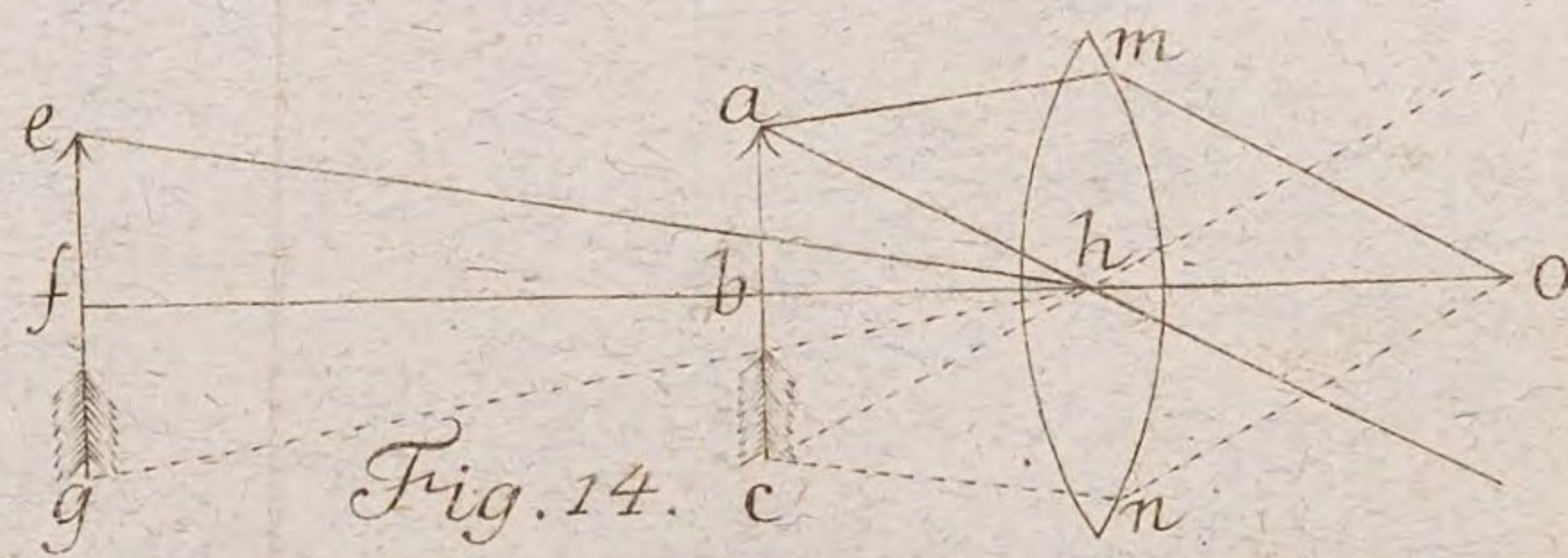
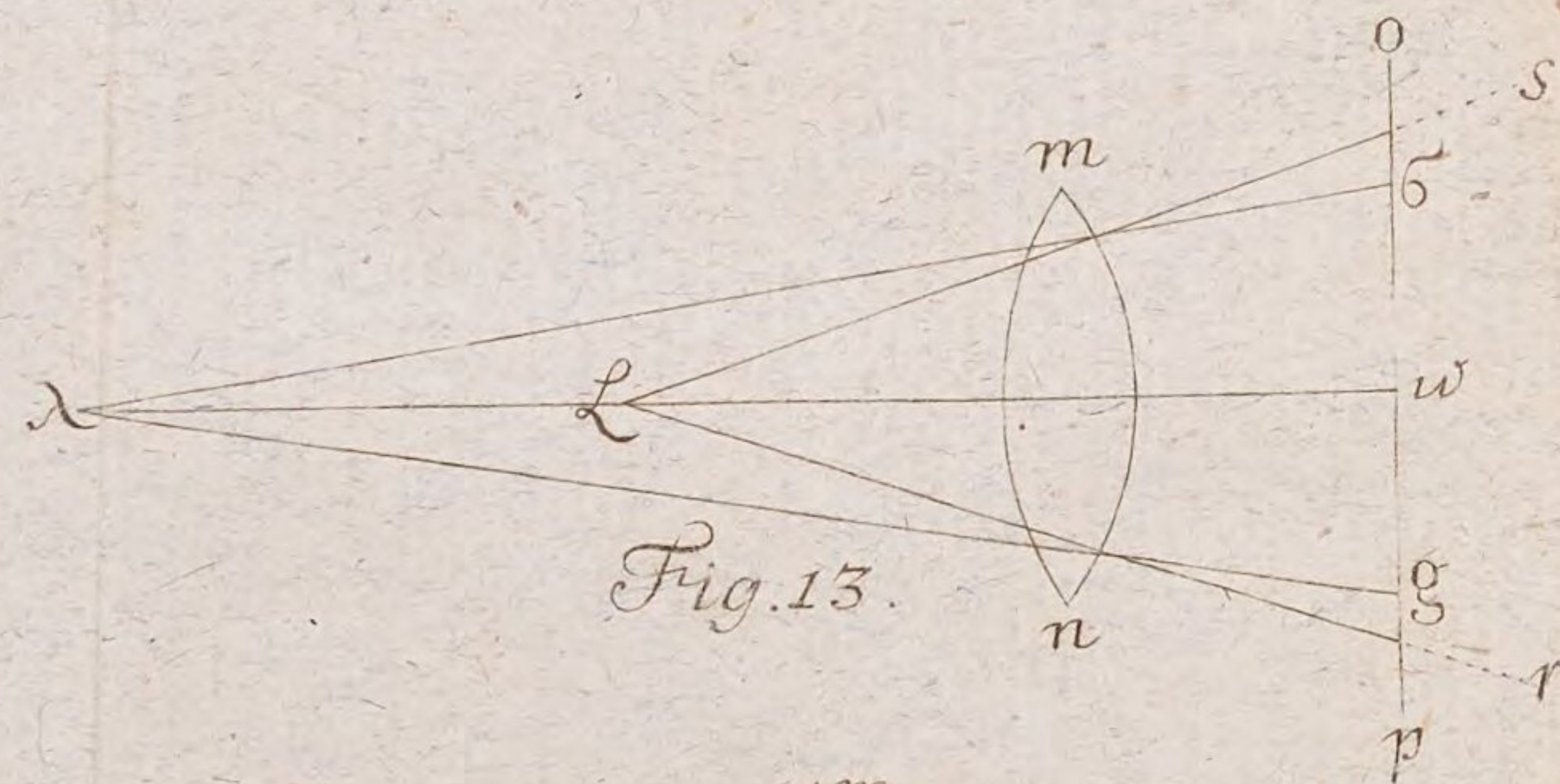
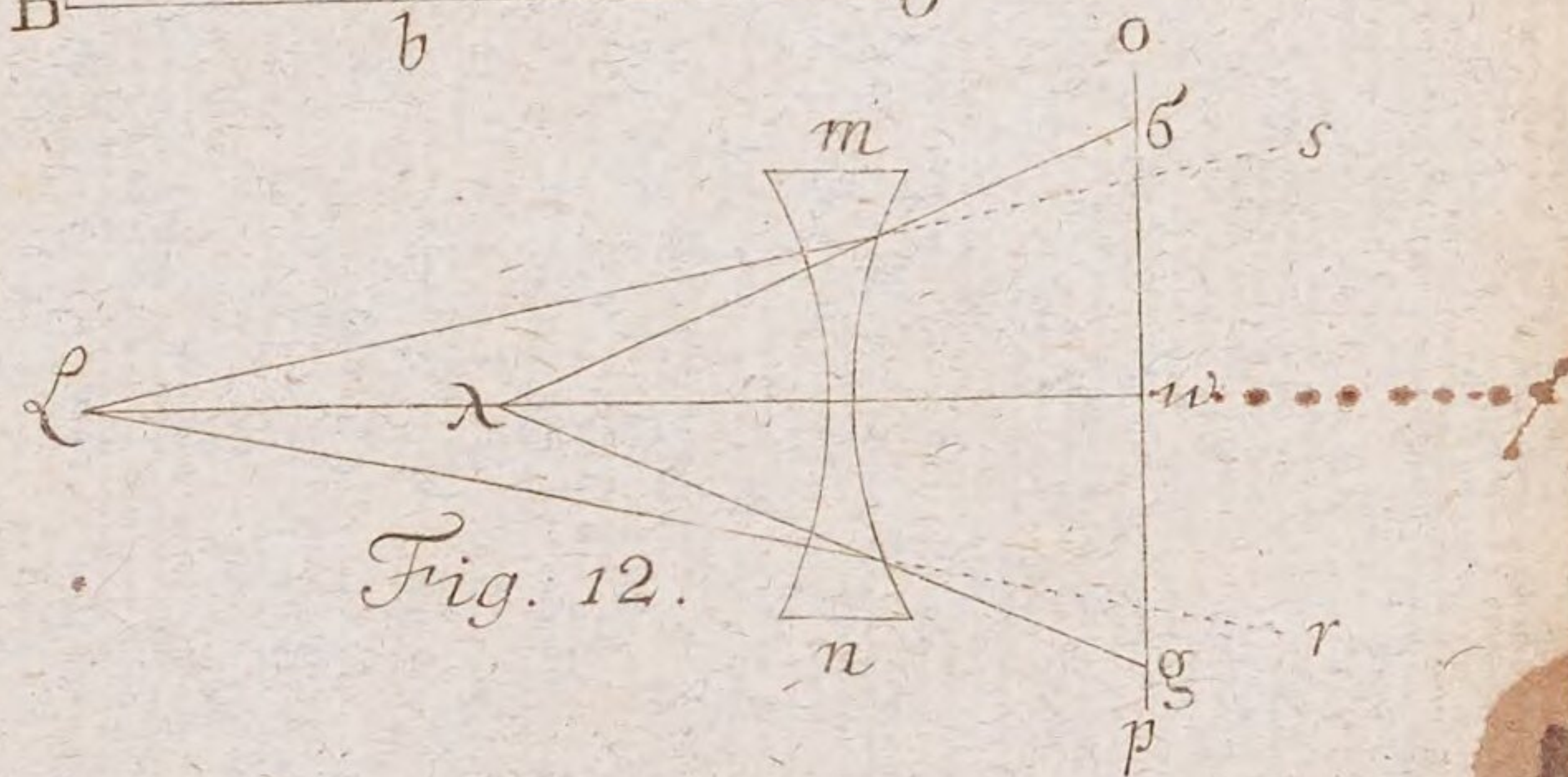
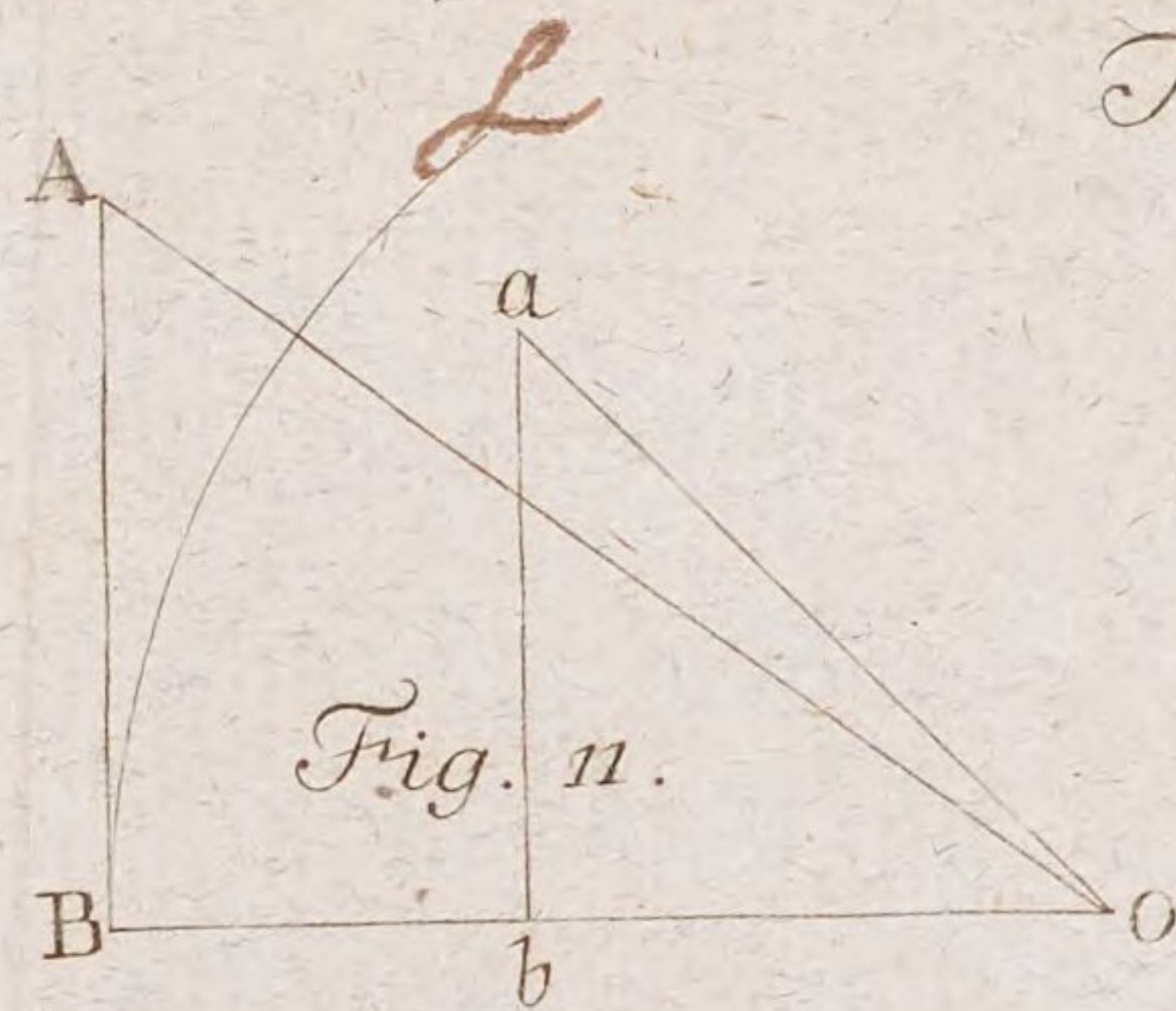
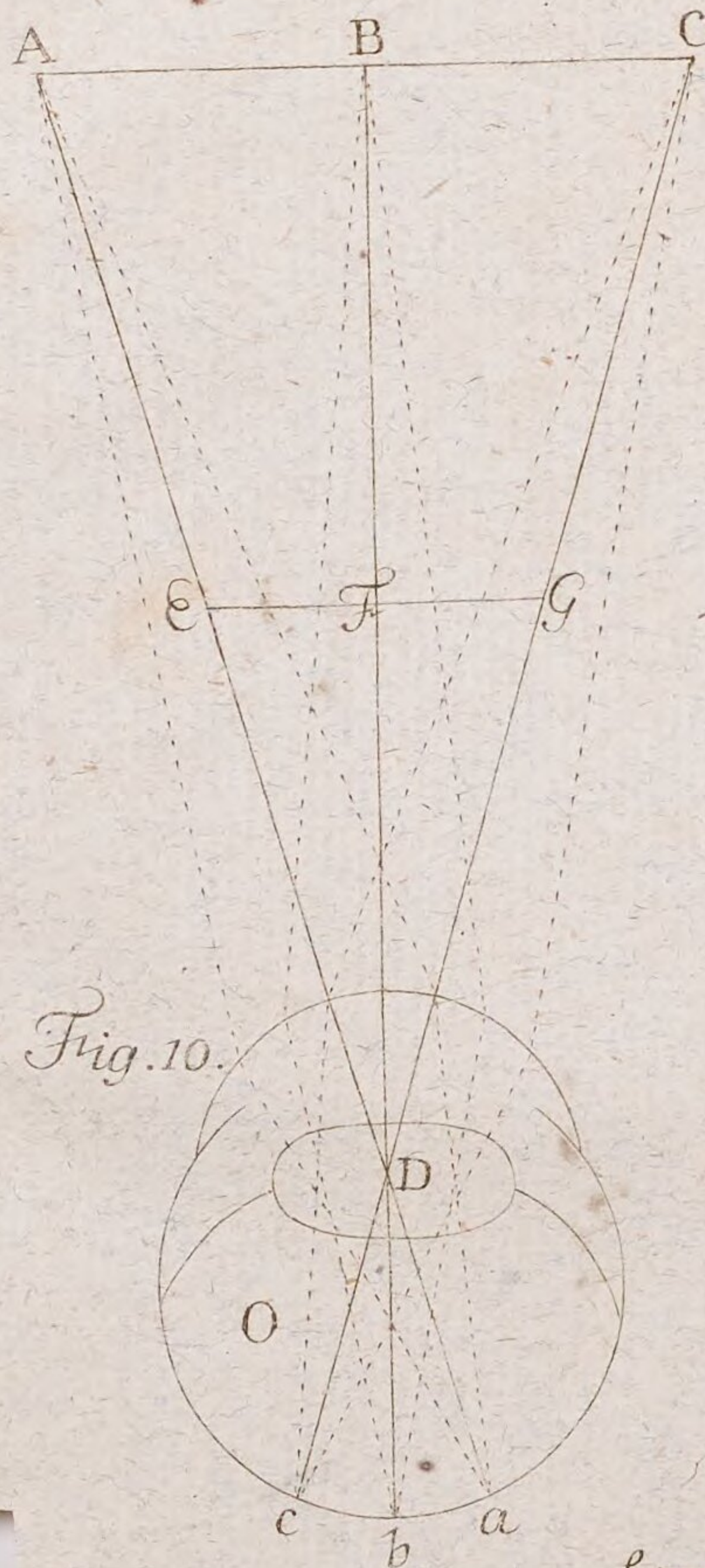
Möchte die Naturlehre in ihrem Fortschreiten alle Irrthümer, wie diesen aufklären! —

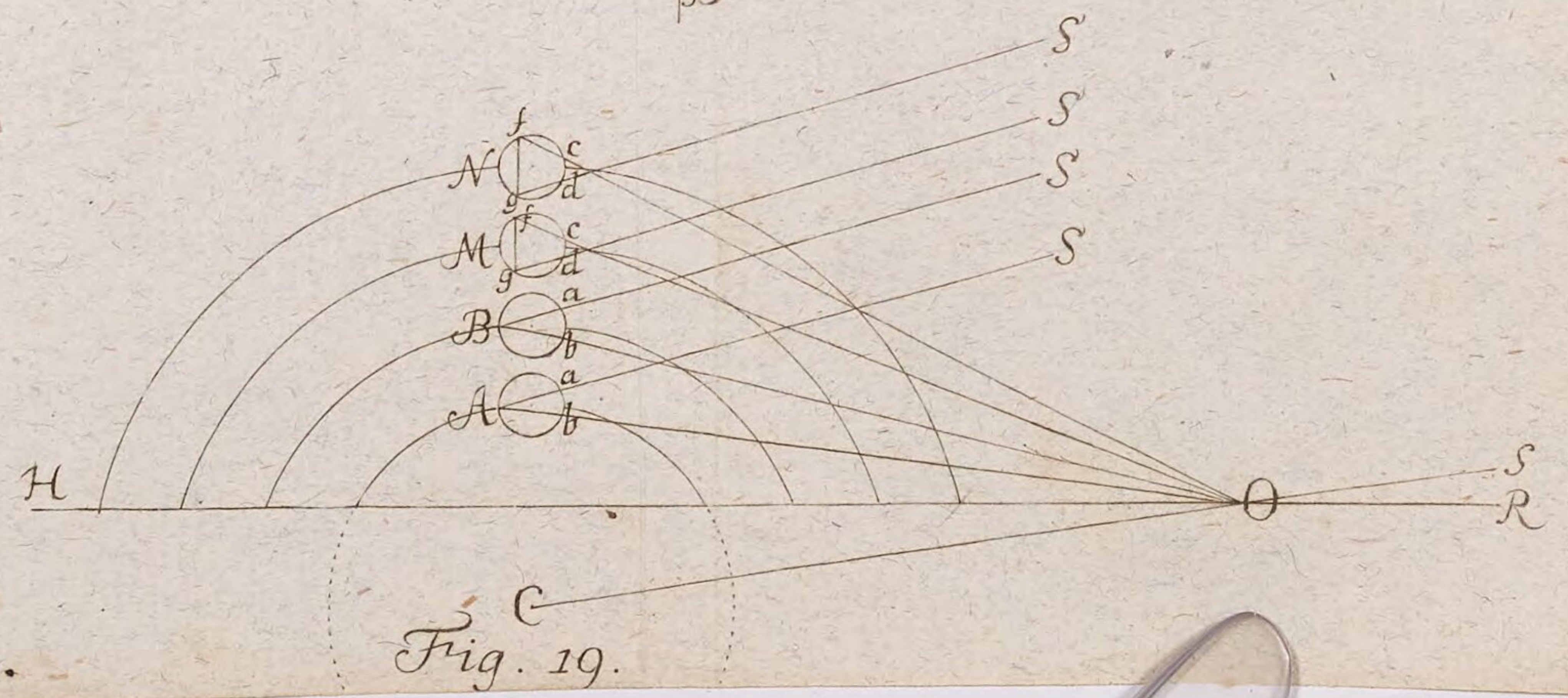
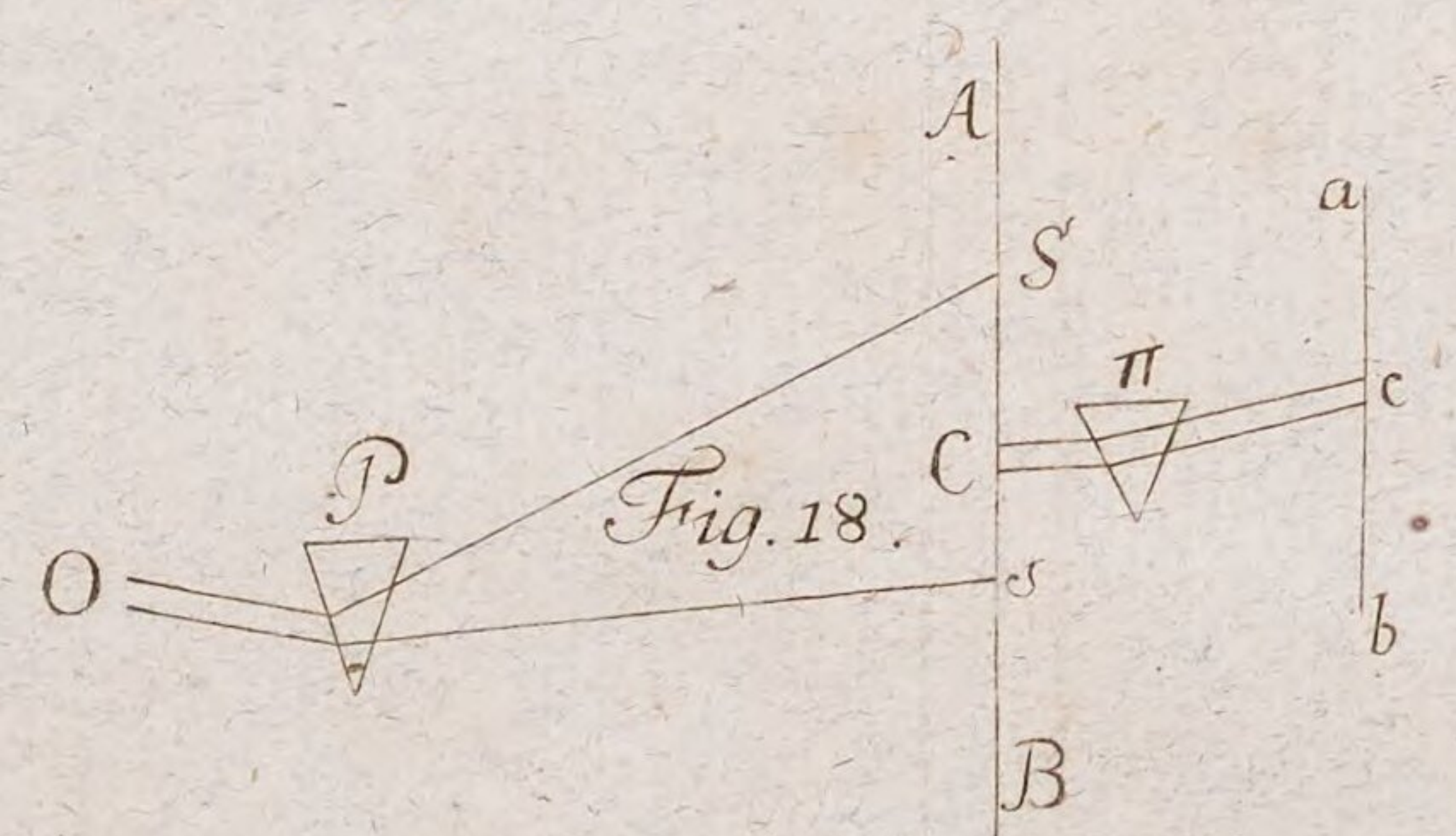
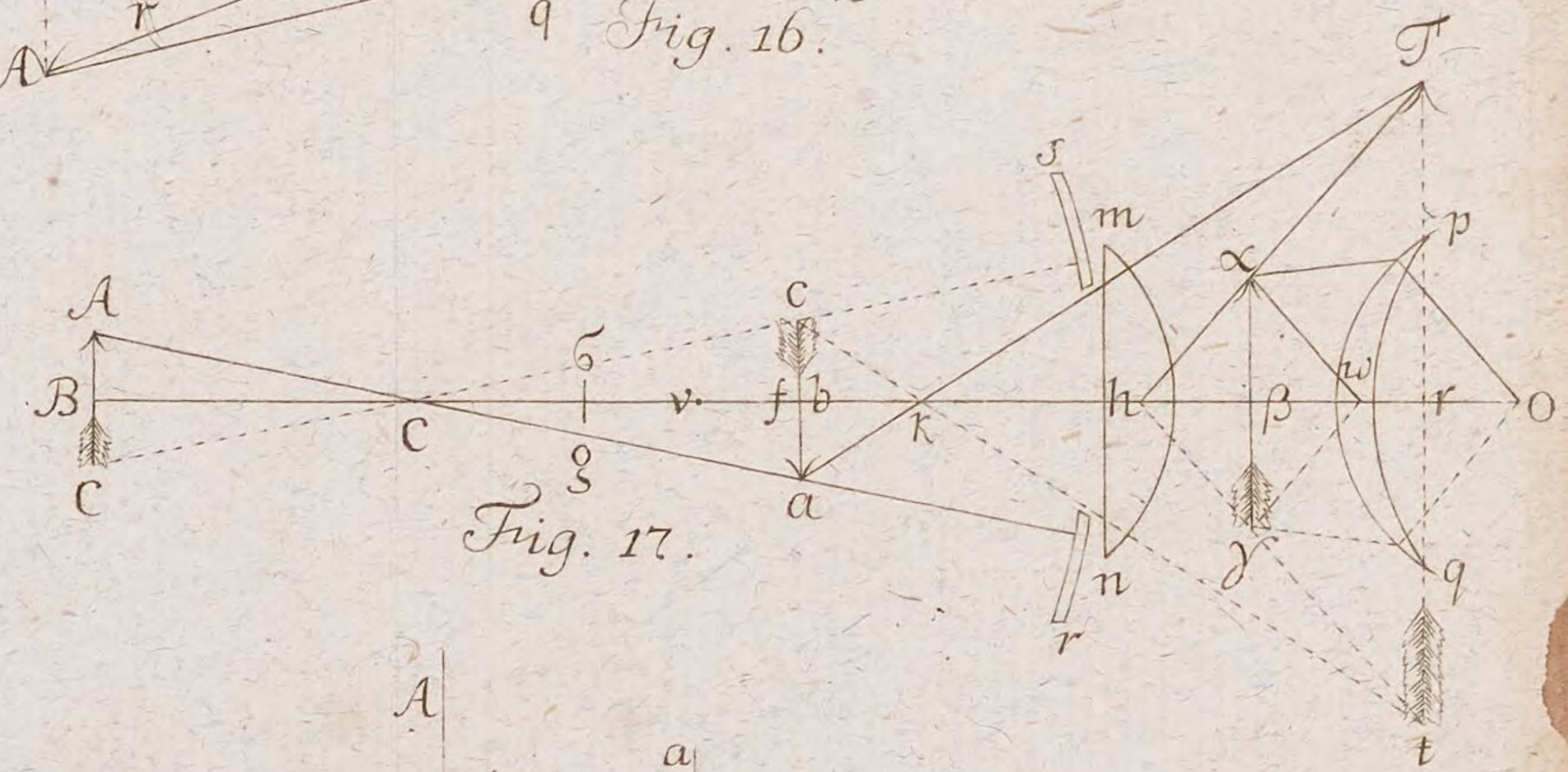
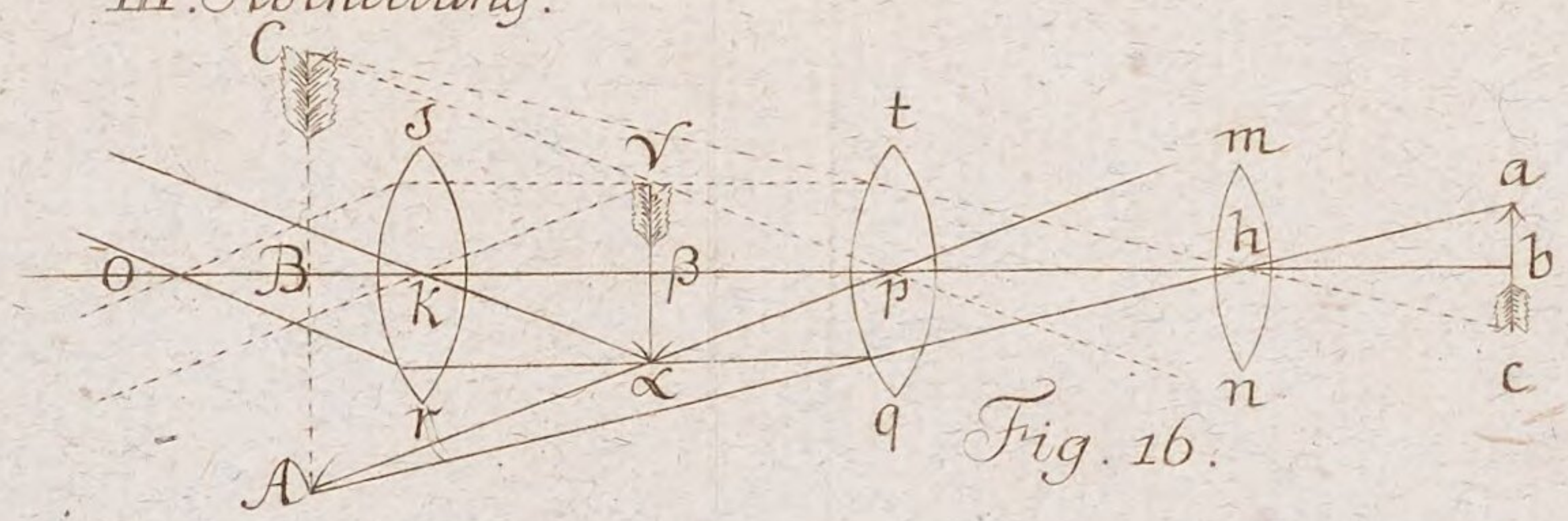
Diefs sey der Wunsch, der allem unserem Streben zum Grunde liegen soll! —

III. Abtheilung.

Tab. I.







also

W. G. T. F. F. F.

1830

Siber, Thaddäus,

Leitfaden zu Vorlesungen über Naturlehre und angewandte Mathematik

Bd.: 3

Passau 1805

Bamberg, Staatsbibliothek -- H.n.o.107-a#3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11689544-3